



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN *BOEZEM* DAN POMPA DI KAWASAN  
HILIR KALI KANDANGAN SURABAYA BARAT**

HANDI FIRMANSYAH RAHMANANTA  
NRP. 3113100053

Dosen Pembimbing  
Dr. Techn. Umboro Lasmino, ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN *BOEZEM* DAN POMPA DI  
KAWASAN HILIR KALI KANDANGAN SURABAYA  
BARAT**

HANDI FIRMANSYAH RAHMANANTA  
NRP. 3113100053

Dosen Pembimbing  
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



---

FINAL PROJECT – RC14-1501

**PLANNING OF BOEZEM AND PUMPS IN  
DOWNSTREAM AREA OF KANDANGAN RIVER,  
WEST SURABAYA**

HANDI FIRMANSYAH RAHMANANTA  
NRP. 3113100053

Academic Supervisor  
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya, 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERENCANAAN BOEZEM DAN POMPA DI  
KAWASAN HILIR KALI KANDANGAN SURABAYA  
BARAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Hidroteknik  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HANDI FIRMANSYAH RAHMANANTA**

Nrp. 3113 100 053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc



**SURABAYA, JULI 2017**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **PERENCANAAN BOEZEM DAN POMPA DI KAWASAN HILIR KALI KANDANGAN SURABAYA BARAT**

**Nama Mahasiswa** : Handi Firmansyah Rahmananta  
**NRP** : 3113100053  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc

## **ABSTRAK**

*Kawasan hilir Kali Kandangan di sekitar jalan Tambak Langon Kecamatan Asem Rowo sering tergenang banjir, baik dari pasang air laut maupun air hujan yang tidak dapat mengalir ke sungai karena topografi kawasan tersebut yang relatif datar. Selain itu, ada perubahan tata guna lahan dari tambak dan perairan menjadi kawasan industri sehingga lahan kedap air bertambah..*

*Untuk mengatasi permasalahan tersebut, akan direncanakan boezem untuk menampung sementara limpasan air hujan saat elevasi kali Kandangan lebih tinggi dan sistem pembuangannya. Periode ulang hujan yang digunakan 10 tahun dan asumsi lama hujan 4 jam. Dengan menggunakan metode rasional untuk menghitung volume boezem yang dibutuhkan. Penelusuran banjir untuk memastikan berapa kapasitas pompa dan dimensi pintu yang dibutuhkan untuk sistem pembuangan*

*Hasil perencanaan menghasilkan debit banjir sub DAS Kali Kandangan sebesar  $9,42 \text{ m}^3/\text{detik}$  sehingga membutuhkan luas boezem sebesar  $30762 \text{ m}^2$  dengan kedalaman 3 meter. Boezem dilengkapi dengan sistem pembuangan 2 pompa dengan kapasitas masing-masing  $1,05 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan 2 pintu dengan dimensi 1 meter x 0,6 meter*

**Key word** : banjir, topografi, kali kandangan, boezem, pompa, pintu air



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **PLANNING OF *BOEZEM* AND PUMPS IN DWOSTREAM AREA KANDANGAN RIVER, WEST SURABAYA**

**Name** : Handi Firmansyah Rahmananta  
**NRP** : 3113100053  
**Department** : Teknik Sipil  
**Academic Supervisor** : Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc

### **ABSTRACT**

*The downstream area of kandangan river which is located nearby the Tambak Langan street in Asem Rowo district are frequently flooded, whether it is caused by the tidal current or the rainfall preventing the flow towards the river because the topography of the area is relatively flat. Moreover, there is some land use change from ponds into industrial area increasing the inability of the land to infiltrate water.*

*To solve the flooding problems, a boezem will be designed to store temporarily excessive rainfall when the elevation of kandangan river is higher than water in the boezem. The return period of the rainfall that has been used for 10 years and rainfall duration of 4 hours. By using rational method to calculate the required volume of the boezem. Flood routing is done to ensure the required capacity of the pump and the dimension of the water gate for the release water to the river.*

*The results of the design are flood discharge of sub catchment area of Kandangan river is  $9,42 \text{ m}^3/\text{sec}$ , the requirement of the area for the boezem is  $30762 \text{ m}^2$  and the depth is 3 meter. The boezem are equipped with 2 pumps with each capacity of  $1,05 \text{ m}^3/\text{sec}$  and 2 water gates with height 0,6 meter and width 1 meter.*

**Key word** : *flood, topography, kandangan river, boezem, pumps, water gate*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan anugrah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Dalam penyelesaiannya sudah tentu penulis banyak mendapatkan kesulitan-kesulitan, namun atas bantuan beberapa pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga besar Hadi Purwanto yang selalu memberikan dukungan serta doa terhadap penulis, terima kasih yang sebesar-besarnya untuk kalian.
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan, saran dan kritik selama penyusunan proposal Tugas Akhir.
3. Wisper 149, sahabat-sahabat terbaik penulis yang selalu memberikan dukungan, keceriaan, kegelisahan selama berada di bangku kuliah.
4. Agil Desti Fauzia, kata-kata semangat untuk penulis
5. Asal-asalan Foundation, sahabat dan tim sukses ITS Open
6. Teman-teman kuliah Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah banyak membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
7. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan secara ikhlas.

Penulis sadari bahwa proposal yang telah dibuat ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap proposal yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi para peminat Teknik Sipil.

Akhir kata, penulis sebagai penyusun memohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan dan penganalisaan proposal ini. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian/Tugas Akhir.....	2
1.5. Manfaat Penelitian/Tugas Akhir.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pengertian Boezem, Pintu Air, dan Pompa.....	5
2.2. Analisa Hidrologi.....	5
2.2.1. Analisa Curah Hujan Rata-rata.....	6
2.2.2. Analisa Frekuensi.....	6
2.2.3. Analisa Curah Hujan Maksimum Rencana.....	9
2.2.4. Uji Kecocokan Sebaran.....	14
2.3. Debit Banjir Rencana.....	20
2.3.1. Penjelasan Umum.....	20
2.3.2. Perhitungan Waktu Konsentrasi ( $T_c$ ).....	20
2.3.3. Perhitungan Intensitas Hujan ( $I$ ).....	22
2.3.4. Koefisien Pengaliran ( $C$ ).....	23
2.3.5. Daerah Pematusan (Catchment Area).....	25
2.3.6. Perhitungan Debit Rencana ( $Q$ ).....	25
2.3.7. Periode Ulang.....	26
2.4. Analisa Hidrolika.....	28
2.4.1. Kapasitas Saluran.....	28

2.5.	Pintu Air.....	29
2.5.1.	Penentuan Dimensi Pintu Air .....	30
2.5.2.	Besar Debit yang melewati pintu air .....	30
2.6.	Analisa Pompa Air .....	31
2.7.	Penelusuran Banjir (Flood Routing) .....	32
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>37</b>
3.1.	Survey Pendahuluan dan Studi Literatur.....	37
3.2.	Pengumpulan Data .....	37
3.3.	Analisa Hidrologi .....	37
3.4.	Analisa Hidrolika .....	38
3.5.	Diagram Alir .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1.	Analisa Hidrologi.....	41
4.1.1.	Analisa Curah Hujan Rata-rata.....	41
4.1.2.	Analisa Frekuensi .....	43
4.1.3.	Uji Distribusi .....	45
4.1.4.	Uji Kecocokan Frekuensi Curah Hujan .....	46
4.2.	Debit Banjir Rencana .....	50
4.2.1.	Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Rencana .....	51
4.2.2.	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	55
4.2.3.	Perhitungan Debit Banjir Metode Rasional .....	56
4.3.	Layout Rencana Saluran .....	58
4.3.1.	Perencanaan Layout.....	58
4.3.2.	Perencanaan Saluran Inflow Boezem .....	58
4.3.3.	Perencanaan Gorong-gorong .....	60
4.4.	Perhitungan Dimensi Boezem, Pompa, dan Pintu.....	62
4.4.1.	Perhitungan Dimensi Boezem .....	62
4.4.2.	Penelusuran Banjir (Flood Routing).....	63
4.4.3.	Perhitungan Pompa Air .....	68
4.4.4.	Perhitungan Pintu Air .....	69
4.4.5.	Pengoperasian Boezem.....	74
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>77</b>
5.1.	Kesimpulan .....	77

5.2. Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Busem Kali Kandangan .....	3
Gambar 2. 1 Lintasan Aliran Waktu $t_0$ dan $t_f$ .....	21
Gambar 2. 2 Penampang saluran (a) persegi (b) trapezium.....	29
Gambar 2. 3 Kombinasi aliran air di dalam terowongan.....	31
Gambar 2. 4 Hubungan anntara aliran masuk, aliran keluar dan penyimpanan dalam busem akibat banjir .....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	39
Gambar 4. 1 Metode Poligon Thiessen pada DAS Kali Kandangan.....	42
Gambar 4. 2 Tata Guna Lahan DAS Kali Kandangan Kondisi Eksisting .....	51
Gambar 4. 3 Tata Guna Lahan DAS Kali Kandangan Kondisi Rencana (Tahun 2020) .....	53
Gambar 4. 4 Layout Perhitungan Koefisien Pengaliran (C).....	54
Gambar 4. 5 Layout Perencanaan Saluran Kondisi Rencana 2020 .....	58
Gambar 4. 6 Double Mass Curve Boezem R10.....	63
Gambar 4. 7 Hidrograf Superposisi Debit Inflow Boezem .....	65
Gambar 4. 8 Cross Section Boezem, Inflow dan Outflow .....	65
Gambar 4. 9 Grafik Flood Routing R10.....	68
Gambar 4. 10 Pintu dengan Aliran Tenggelam .....	69
Gambar 4. 11 Pintu dengan Aliran Tak Tenggelam .....	69
Gambar 4. 12 Flood Routing Boezem dengan Pintu sebagai Outflow.....	71
Gambar 4. 13 Perencanaan Pintu R10 .....	71
Gambar 4. 14 Momen Maksimum pada Pintu.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Reduced Variate sebagai fungsi waktu balik.....	10
Tabel 2. 2 Hubungan Reduced Mean ( $Y_n$ ), Reduced Standar Deviation ( $S_n$ ), dengan besarnya sampel .....	11
Tabel 2. 3 Tabel Koefisien Kemencengan .....	13
Tabel 2. 4 Nilai Kritis untuk Uji Distribusi Chi-Square.....	16
Tabel 2. 5 Nilai Uji Kritis untuk Smirnov-Kolmogorov .....	18
Tabel 2. 6 Wilayah Luas dibawah Kurva Normal .....	19
Tabel 2. 7 Harga Koefisien Pengaliran (C) .....	24
Tabel 2. 8 Periode ulang hujan.....	26
Tabel 2. 9 Rumus hidrolika saluran.....	29
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan harian Maksimum tiap Stasiun .....	42
Tabel 4. 2 Hasil Uji Parameter Statistik Data Curah Hujan .....	44
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Parameter Distrbusi Gumbel .....	45
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson III .....	46
Tabel 4. 5 Sub grup Uji Chi-Square Metode Gumbel .....	46
Tabel 4. 6 Subgrup Uji Chi-Square Metode Log Pearson III.....	47
Tabel 4. 7 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel .....	48
Tabel 4. 8 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Pearson III .....	49
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan .....	50
Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi eksisting DAS Kali Kandangan.....	52
Tabel 4. 11 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Rencana Sub DAS Kali Kandangan Bagian Bawah .....	54
Tabel 4. 12 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kodisi Rencana Sub DAS Kali Kandangan Bagian Atas .....	55
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson III.....	56
Tabel 4. 14 Perhitungan Debit Banjir.....	57
Tabel 4. 15 Perhitungan Debit Banjir Superposisi .....	57

Tabel 4. 16 Nilai C untuk Periode Ulang 10 tahun.....	59
Tabel 4. 17 Debit Hidrologi ( $Q_{10}$ ).....	59
Tabel 4. 18 Nilai Debit Hidrolika dan Perbandingan dengan Debit Hidrologi untuk Periode Ulang 10 tahun.....	60
Tabel 4. 19 Debit Inflow Boezem .....	63
Tabel 4. 20 Superposisi Debit Inflow Boezem.....	64
Tabel 4. 21 Hidrograf Inflow $T_d = 4$ jam $\Delta t = 0,25$ jam .....	64
Tabel 4. 22 Data Volume Boezem R10 .....	66
Tabel 4. 23 Volume Boezem di atas pintu (R10) .....	66
Tabel 4. 24 Data Hubungan antara Elevasi muka air, tampungan, dan debit keluar (R10) .....	67
Tabel 4. 25 Hubungan antara Elevasi, Debit, dan $S + \Delta t \cdot Q_2$ (R10).....	67
Tabel 4. 26 Jam dan Jumlah Pompa yang digunakan untuk R10	68
Tabel 4. 27 Rentang Waktu dan Jumlah Pintu yang beroperasi untuk R10 .....	70
Tabel 4. 28 Pengoperasian Boezem R10 dengan Pompa .....	75
Tabel 4. 29 Pengoperasian Boezem R10 dengan Pintu .....	75
 Tabel 5. 1 Pengoperasian Pompa.....	 77
Tabel 5. 2 Pengoperasian Pintu Air .....	78

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Hidrograf Rasional Superposisi .....	81
Lampiran 2 Perencanaan Elevasi Saluran .....	83
Lampiran 3 Flood Routing dengan Pompa sebagai Outflow .....	85
Lampiran 4 Flood Routing dengan Pintu sebagai Outflow .....	89
Lampiran 5 Brosur Saluran Drainase Profil U-ditch .....	93
Lampiran 6 Brosur Box Culvert untuk .....	97

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kawasan Surabaya Barat sedang mengalami perkembangan Bidang industri. Perkembangan tersebut tentu berpengaruh pada kebutuhan sarana dan prasarana fisik seperti gudang dan perkantoran. Kebutuhan-kebutuhan tersebut menyebabkan luas lahan yang semula tambak semakin berkurang karena diubah menjadi kawasan industri. Ini menyebabkan bertambahnya lahan kedap air dan aliran permukaan tidak meresap dalam tanah yang selanjutnya mengalir ke sungai melalui saluran drainase.

Sub DAS Kali Kandangan merupakan sub sistem Kandangan, yang sistem pematuasannya sering terjadi banjir. Sub DAS ini terletak dekat dengan pantai menyebabkan ada pengaruh dari pasang surut air laut. Jika air laut sedang pasang, akan ada pengaruh *backwater* dari Teluk Lamong yang menyebabkan air tidak dapat langsung masuk ke laut tetapi terdorong kembali menuju saluran drainase. Di samping itu, topografi sub sistem Kandangan daerah Surabaya barat relative datar. Kondisi tersebut menyebabkan limpasan air hujan tidak sepenuhnya masuk ke saluran drainase sehingga sistem drainase tidak lancar.

Oleh karena itu, di kawasan Kali Kandangan di Surabaya Barat perlu dibuat sistem drainase yang baik. sistem yang dimaksud yaitu pembangunan *boezem* beserta pompa air nya. *Boezem* adalah salah satu bangunan air untuk menampung air ketika elevasi pembuangan di hilir lebih tinggi. Karena *boezem* merupakan bangunan air penampung debit dengan volume besar dengan dilengkapi sarana pengatur debit, seperti pintu air dan pompa.

Perencanaan *Boezem* dan pompa air diharapkan dapat menjadi referensi tentang desain *boezem* beserta

sistem operasional yang dapat menghasilkan fungsi yang baik.

## 1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Berapa debit banjir rencana Sub DAS Kali Kandangan?
- Berapa dimensi *boezem*, pompa dan pintu?
- Bagaimana sistem operasi pintu dan pompa air yang menghasilkan kerja secara optimal dari *boezem* Kali Kandangan?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang cukup, batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

- Tidak membahas mengenai analisa ekonomi dan biaya, dan analisa terhadap kekuatan dan kestabilan struktur bangunan
- Tidak memperhitungkan angkutan sedimen dan air tanah
- Tidak menghitung debit air pembuangan dari penduduk.
- Studi ini hanya membatasi sub DAS Kali Kandangan

## 1.4. Tujuan Penelitian/Tugas Akhir

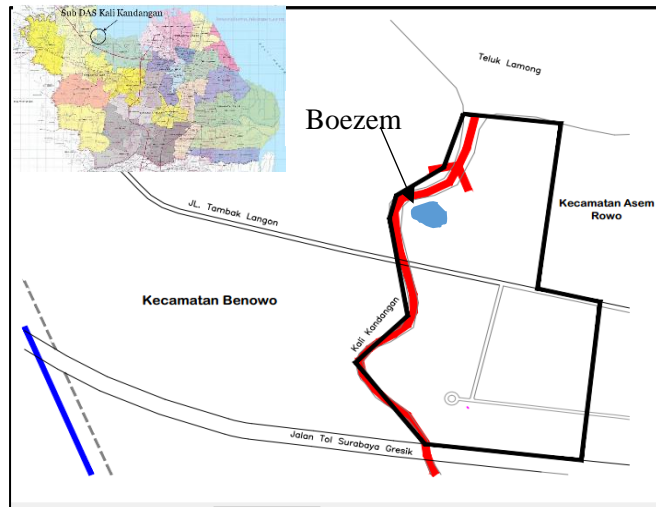
Tujuan dair penelitian ini adalah :

- Mengetahui debit banjir rencana Sub DAS Kali Kandangan
- Mendapatkan desain *boezem*, pompa, dan pintu air

- Mendapatkan sistem operasi *boezem* dan pompa air yang dapat menghasilkan kerja secara optimal

### 1.5. Manfaat Penelitian/Tugas Akhir

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah dapat memberikan gambaran tentang desain *boezem* yang direncanakan serta sistem operasi yang menghasilkan kerja optimal sehingga masalah drainase dan banjir tidak terjadi lagi di daerah sekitar Kali Kandangan.



sumber : *Peta Eksisting Low Level Barat, Departemen Bina Marga dan Pematusan*

Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan Busem Kali Kandangan



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian *Boezem*, Pintu Air, dan Pompa**

*Boezem* atau kolam tampung adalah kolam yang bertujuan untuk menampung sementara limpasan air hujan atau air sungai dalam suatu kawasan, sementara muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga pembuangan tidak bias berjalan tidak bias berjalan sesuai gravitasi. Setelah muka air turun, *boezem* akan dikosongkan.

Pintu air digunakan untuk mengatur elevasi air. Pintu air akan dibuka saat muka air hilir (pembuangan akhir) rendah dan ditutup bila muka air hilir sedang tinggi. Selain itu digunakan untuk menahan *backwater* air asin (untuk saluran yang berhubungan dengan laut). Sedangkan untuk prinsip kerja pompa adalah tidak perlu menunggu sampai permukaan air di hilir atau saat permukaan air laut surut. Pengeringan tidak dilakukan secara langsung dan kecepatan pembuangan tidak diimbangi dengan datangnya inflow.

#### **2.2. Analisa Hidrologi**

Pada perhitungan analisa hidrologi meliputi data curah hujan dan perhitungan debit. Dari data yang ada akan digunakan untuk perencanaan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Penentuan debit banjir harus proposional sehingga dapat memperhitungkan ukuran bangunan dalam menampung besarnya debit rencana yang ada serta sesuai dengan pertimbangan ekonomi.

### 2.2.1. Analisa Curah Hujan Rata-rata

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang ditinjau. Curah hujan wilayah diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Ada beberapa cara untuk menghitung curah hujan rata-rata, yaitu :

- Metode aritmatik (Mean Arithmatik Method)
- Metode Poligon Thiessen
- Metode Isohyet
- Intrsection Line Method

Rumus perhitungan curah hujan rata-rata yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah metode Aritmatik dengan menggunakan data hujan harian maksimum. Rumus ini dipakai dengan mempertimbangkan bahwa daerah studi merupakan daerah yang datar dan banyak stasiun hujan, sehingga pola hujan relatif besar. Stasiun hujan terdekat dengan wilayah yang ditinjau adalah stasiun hujan Kandangan, stasiun hujan Gunungsari, dan stasiun hujan Simo. Rumus yang digunakan :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{N} = \frac{1}{N} \sum R_t \quad (2.1)$$

Dimana :

R = Tinggi Hujan rata-rata (mm)

$R_t$  = Tinggi Harian maksimum (mm)

N = Jumlah Data

### 2.2.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah nanalisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk memperkirakan atau memilih distribusi probabilitas yang akan dipakai, dilakukan perhitungan analisa terlebih dahulu pada data yang ada. Parameter statistic yang dimiliki data adalah  $X$ ,  $S$ ,  $C_s$ ,  $C_k$ , dan  $C_v$ .

Berdasarkan hasil perhitungan parameter  $C_s$  dan  $C_k$  maka dipilih persamaan disyrtibusi sebagai perbandingan.

Setiap jeis distribusi mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata ( $\chi$ ), standar deviasi ( $\sigma = S$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ), dan koefisien ketajaman ( $C_k$ ) yang masing-masing dicari berdasarkan rumus :

- Nilai rata-rata

$$\bar{\chi} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.2)$$

- Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

- Coefficient of variation (koefisien variasi)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.4)$$

- Coefficient of skewness (Koefisien kemencengan)

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.5)$$

- Coefficient of Kurtois (Koefisien ketajaman)

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.6)$$

Dimana :

$S$  = Standar deviasi

$X$  = data dalam sampel

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung

$n$  = jumlah pengamatan

$C_v$  = coefficient of variation (koefisien variasi)

$C_s$  = Coefficient of skewness (koefisien kemencengan)

$C_k$  = Coefficient of kurtosis (koefisien ketajaman)

Rangklaian data hidrologi yang merupakan variable kontinyu dapat digambarkan dalam suatu persamaan distribusi peluang. Model matematik distribusi peluang yang umum digunakan adalah :

- Distribusi normal
- Distribusi Gumbel
  - Distribusi Gumbel Tipe I
  - Distribusi Gumbel Tipe III
- Distribusi Pearson Tipe III
- Distribusi Log-Pearson Tipe III
- Distribusi Frechet
- Distribusi Log-Normal
  - Distribusi Log-Normal Dua Parameter
  - Distribusi Log-Normal Tiga Parameter

Adapun parameter statistik dari masing-masing distribusi adalah :

- Distribusi Gumbel Tipe I, harga  $C_s = 1,139$  dan  $C_k = 5,402$
- Distribusi Pearson Tipe III, harga  $C_s$  dan  $C_k$  yang fleksibel
- Distribusi normal mempunyai harga  $C_s = 0$  dan  $C_k = 3$
- Distribusi Log-Normal, harga  $C_s > 0$  dan  $C_k > 0$
- Distribusi Log-Normal Tipe III, harga  $C_s$  antara  $0 - 0,9$

Dalam pemilihn satu fungsi distribusi dibutuhkan ketelitian karena satu rangkaian tidak terlalu cocok dengan sifat sebaran. Kesalahan pemilihan sebaran dapat berakibat

kerugian jika perkiraan mulai desain terlalu besar atau terlalu kecil.

### 2.2.3. Analisa Curah Hujan Maksimum Rencana

Dalam perencanaan suatu bangunan air diperlukan tinggi hujan rencana sebagai dasar penentuan dimensi bangunan. Hal ini dilakukan karena hujan akan menyebabkan aliran permukaan yang nantinya akan melewati bangunan yang direncanakan. Hujan yang akan dicapai sebagai dasar perencanaan bangunan tersebut adalah tinggi hujan rencana.

Besarnya tinggi hujan rencana tergantung dari kegunaan bangunan serta bahaya yang ditimbulkan suatu bangunan air. Rangkaian data hidorlogi yang merupakan variable kontinyu dapat digambarkan dalam suatu persamaan distribusi peluang. Model matematik distribusi peluang yang umum digunakan adalah :

#### 2.2.3.1. Metode Gumbel

Hujan rencana dengan periode ulang tertentu ditentukan dengan menggunakan metode Gumbel. Rumus yang dipakai adalah :

$$R_T = R_r + K \cdot S_x \quad (2.7)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

$$Y_T = -\ln[\ln\{T_r / (T_r - 1)\}] \quad (2.9)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_r)^2}{n-1}} \quad (2.10)$$

Dimana :

$R_T$  = curah hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun (mm)

$R_r$  = curah hujan rata-rata hasil pengamatan n tahun di lapangan (mm)

$K$  = frekuensi faktor

$S_x$  = standar deviasi dari hasil pengamatan selama n tahun

$Y_T$  = reduced variate

$Y_n$  = reduce mean

$S_n$  = reduce standar deviasi

$R_i$  = besarnya curah hujan pada pengamatan ke i

$n$  = jumlah pengamatan

Tabel 2. 1 Reduced Variate sebagai fungsi waktu balik

Tr (tahun)	Reduced Variate	Tr (tahun)	Reduced Variate	Tr (tahun)	Reduced Variate
2	0,36651	100	4,60015	5000	8,51709
5	1,99400	200	5,29561	10000	9,21029
10	2,25037	500	6,21361	20000	9,90346
20	2,97019	1000	6,90726	50000	10,81977
50	3,90194	2000	7,60065	100000	11,5192

*Sumber* : C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik

Tabel 2. 2 Hubungan *Reduced Mean* ( $Y_n$ ), *Reduced Standar Deviation* ( $S_n$ ), dengan besarnya sampel

n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$
10	0,495	0,949	33	0,538	1,122	56	0,55	1,17
11	0,499	0,967	34	0,539	1,125	57	0,551	1,171
12	0,503	0,983	35	0,54	1,112	58	0,551	1,172
13	0,507	0,997	36	0,541	1,131	59	0,551	1,173
14	0,51	1,009	37	0,541	1,133	60	0,552	1,175
15	0,512	1,02	38	0,542	1,136	61	0,552	1,176
16	0,515	1,031	39	0,543	1,138	62	0,552	1,177
17	0,518	1,041	40	0,543	1,141	63	0,553	1,178
18	0,52	1,049	41	0,542	1,143	64	0,553	1,179
19	0,522	1,056	42	0,544	1,145	65	0,553	1,18
20	0,523	1,062	43	0,545	1,148	66	0,553	1,181
21	0,525	1,069	44	0,545	1,149	67	0,554	1,182
22	0,526	1,075	45	0,546	1,151	68	0,554	1,183
23	0,528	1,081	46	0,546	1,153	69	0,554	1,184
24	0,529	1,086	47	0,547	1,155	70	0,554	1,185
25	0,53	1,091	48	0,547	1,157	71	0,555	1,185
26	0,532	1,086	49	0,548	1,159	72	0,555	1,187
27	0,533	1,1	50	0,548	1,16	73	0,555	1,188
28	0,534	1,104	51	0,548	1,162	74	0,555	1,189
29	0,535	1,108	52	0,549	1,163	75	0,555	1,189
30	0,536	1,112	53	0,549	1,165	76	0,556	1,19
31	0,537	1,115	54	0,55	1,166	77	0,556	1,191
32	0,538	1,119	55	0,55	1,168	78	0,556	1,192

Sumber : C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik

### 2.2.3.2. Metode Log-Pearson Type III

Metode ini didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma sesuai dengan anjuran *The Hidrology Community of The Water Council*, maka untuk pemakaian praktis dari data yang ada, pertama mengubah data tersebut ke dalam logaritma nya kemudian dihitung parameter statistic nya.



Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- a. Menyusun data curah hujan (R) mulai dari harga terbesar sampai terkecil
- b. Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma, sehingga menjadi  $\log R_1, \log R_2, \dots, \log R_n$ . Selanjutnya dinyatakan  $X_i = \log R_i$
- c. Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma tersebut menurut persamaan :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.11)$$

- d. Menghitung besarnya, harga deviasi rata-rata dari besaran logaritma tersebut, menurut persamaan :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

- e. Menghitung harga  $C_s$  dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan :

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum (X_i - \bar{X})^3}{Sd^3} \quad (2.13)$$

- f. Berdasarkan harga  $C_s$  yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, menghitung nilai  $K_x$  dengan menggunakan table.
- g. Menghitung besarnya harga logaritma dari masing-masing data curah hujan untuk suatu periode ulang tertentu dengan menggunakan persamaan :

$$X_t = \bar{X} + K_x \cdot Sd \quad (2.14)$$

- h. Jadi, perkiraan harga hujan harian maksimum untuk periode ulang T adalah  $R_t = \text{antilog } X_t$  atau  $R_t = 10^{X_t}$

Tabel 2. 3 Tabel Koefisien Kemencengan

Coefficient of Skew (Cs)	nilai k				
	2	10	25	50	100
3	-0,396	1,18	2,278	3,152	4,051
2,5	-0,36	1,25	2,262	3,048	3,845
2,2	-0,33	1,284	2,24	2,97	3,705
2	-0,307	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	1,329	2,163	2,78	3,388
1,4	-0,225	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-0,195	1,34	2,087	2,626	3,149
1	-0,164	1,34	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	1,336	1,998	2,453	2,891
0,7	-0,116	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	1,323	1,91	2,311	2,686
0,4	-0,066	1,317	1,88	2,261	2,615
0,3	-0,05	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	1,292	1,785	2,107	2,4
0	0	1,282	1,751	2,054	2,326

Tabel 2.3 Tabel Koefisien Kemencengan (Lanjutan)

Coefficient of Skew (Cs)	nilai k				
	2	10	25	50	100
-0,1	0,017	1,27	1,716	2	2,252
-0,2	0,033	1,258	1,68	1,945	2,178
-0,3	0,05	1,245	1,643	1,89	2,104
-0,4	0,066	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,083	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,099	1,2	1,528	1,72	1,88
-0,7	0,116	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	1,166	1,448	1,606	1,733
-0,9	0,148	1,147	1,407	1,549	1,66
-1	0,164	1,28	1,366	1,492	1,588
-1,4	0,225	1,041	1,198	1,27	1,318
-1,8	0,282	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,2	0,33	0,844	0,888	0,9	0,905
-3	0,396	0,66	0,666	0,666	0,667

*Sumber : C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik*

#### 2.2.4. Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian parameter diperlukan untuk menemukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang mewakili distribusi frekuensi tersebut. Metode uji kecocokan yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah Uji Chi Square.

#### 2.2.4.1. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan disitribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang dianalisa.pengambilan keputusan uji ii menggunakan parameter  $X^2$  oleh Karena itu disebut Uji Chi Square.

$$X_h^2 = \frac{(Of - Ef)^2}{Ei} \quad (2.15)$$

Keterangan :

$X_h^2$  = parameter chi-square terhitung

G = jumlah sub-bab kelompok

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Prosedur Uji Chi-Square adalah :

- Urutkan data pengamatan dari terbesar-terkecil
- Kelompokkan menjadi G sub-grup, tiap sub grup minimal 4 data pengamatan
- Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap sub grup
- Jumlahkan datya dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
- Tiap-tiap sub grup hitung nilai  $(O_f - E_f)$  dan  $\frac{(Of - Ef)^2}{Ei}$
- Jumlah seluruh G sub hrup nilai  $\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$  untuk menentukan nilai chi-square
- Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai R-2, untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai R = 1, untuk distribusi Poisson)

Interpretasi hasilnya adalah :

- Jka peluang lebih besar dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis dapat diterima

- b. Jika peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
- c. Jika peluang diantara 1% - 5%, adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu menambah data

Tabel 2. 4 Nilai Kritis untuk Uji Distribusi Chi-Square

dk	Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.000	0.000	0.001	0.004	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.842	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

*Sumber : Soewarno, Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik*

#### 2.3.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov pada dasarnya sering juga disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan distribusi tertentu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan data ( dari besar ke kecil ) atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut:

$$X_1 \quad P ( X_1 )$$

$$X_2 \quad P ( X_2 )$$

$$X_m \quad P ( X_m )$$

$$X_n \quad P ( X_n )$$

Dimana :

$$X_1, X_2, \dots, X_n = \text{Data Pengamatan}$$

$$P(X_1), P(X_2), \dots, P(X_n) = \text{Peluang tiap data}$$

- b. Tentukan nilai masing – masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data ( persamaan distribusinya ) :

$$X_1 \quad P' ( X_1 )$$

$$X_2 \quad P' ( X_2 )$$

$$X_m \quad P' ( X_m )$$

$$X_n \quad P' ( X_n )$$

Dimana :

$$X_1, X_2, \dots, X_n = \text{Data Pengamatan}$$

$$P'(X_1), P'(X_2), \dots, P'(X_n) = \text{Peluang tiap data}$$

- c. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan atau peluang teoritis.

$$(D = \text{maksimum} [ P (X_m) - P' (X_m) ] )$$

- d. Berdasarkan tabel 2.5 (*Smirnov Kolmogorov*) tentukan harga  $D_o$ .

Apabila nilai  $D$  lebih kecil dari nilai  $D_o$ , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan

distribusi dapat diterima. Apabila D lebih besar dari  $D_0$  maka secara teoritis pula distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2. 5 Nilai Uji Kritis untuk Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$1.07/N^{0.5}$	$1.22/N^{0.5}$	$1.36/N^{0.5}$	$1.63/N^{0.5}$

Sumber : Soewarno, *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik*

Tabel 2. 6 Wilayah Luas dibawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0837	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9899	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	0,9982
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Sumber : Soewarno, Hidrologi : Aplikasi Metode Statistika



## 2.3. Debit Banjir Rencana

### 2.3.1. Penjelasan Umum

Pengertian banjir secara umum adalah suatu kondisi jika air sungai meluap dari alurnya, melimpah ke daerah sekitar saluran atau sungai dan menimbulkan gangguan dan kerusakan pada lingkungan sekitar. dalam pandangan hidrologi, banjir yang terjadi di suatu sungai atau saluran apabila debit yang mengalir pada saluran tersebut melebihi debit rata-rata debit kapasitas dari sungai/saluran tersebut.

Besar debit rencana yang mungkin terjadi dapat direncanakan dengan menghitung tinggi hujan rencana dulu. Dimulai dari perhitungan hujan harian maksimum menghasilkan hujan rencana dalam periode tertentu. Selanjutnya tinggi hujan rencana digunakan untuk menghitung debit rencana dengan periode ulang sesuai dengan perhitungan hujan rencana. Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada periode ulang yang telah direncanakan.

### 2.3.2. Perhitungan Waktu Konsentrasi ( $T_c$ )

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) suatu DAS didefinisikan sebagai waktu pengaliran air dari titik terjauh pada lahan hingga masuk pada saluran terdekat sampai pada titik yang ditinjau (inlet).

Perhitungan waktu konsentrasi ini mempengaruhi besar kecilnya nilai dari intensitas hujan ( $I$ ) yang terjadi. Besarnya nilai intensitas hujan ( $I$ ) berbanding lurus dengan besar kecilnya debit ( $Q$ ) pada saluran, sehingga berpengaruh besar pada besar kecilnya dimensi saluran. Waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan :

$$t_c = t_0 + t_f \quad (2.16)$$

Dimana :

$t_c$  = waktu konsentrasi (menit)

$t_0$  = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan untuk mencapai inlet (menit)

$t_f$  = waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (menit)

### 2.3.2.1. Pengaliran pada Lahan ( $t_0$ )

Waktu pengaliran yang dibutuhkan untuk daerah urban sekitar 4-5 menit, atau dari perhitungan dilapangan dengan mengukur jarak dan kecepatan aliran. Sedangkan untuk permukaan dengan penutup homogeny dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Kerby yang menghubungkan antara jarak, koefisien kekasaran, dan kemiringan medan.

$$t_0 = 1,44. \left( nd \times \frac{l}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \quad (2.17)$$

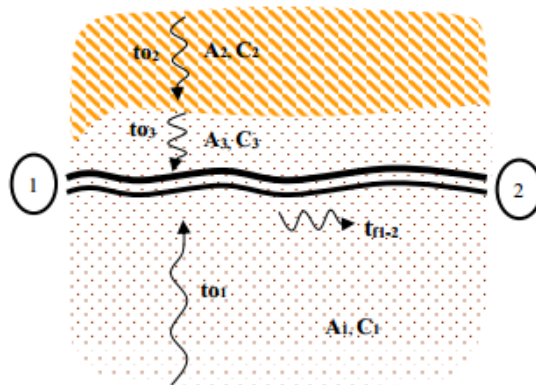
dengan  $l \leq 400$  meter

dimana :

$l$  = jarak titik terjauh ke inlet (m)

$nd$  = koefisien setara koefisien kekasaran

$s$  = kemiringan medan



Sumber : Fifi Sofia, 2006

Gambar 2. 1 Lintasan Aliran Waktu  $t_0$  dan  $t_f$

Tabel 2. 7 Harga Koefisien Hambatan (nd)

Jenis Permukaan	nd
Permukaan impervious dan licin	0,02
Tanah padat terbuka dan licin	0,10
Permukiman sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasarasedang	0,20
Padang rumput	0,40
Lahan dengan pohon-pohon musim gugur	0,60
Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal	0,80

*Sumber : Fifi Sophia, 2006*

#### 2.3.2.2. Pengaliran pada Saluran ( $t_f$ )

$$t_f = \frac{L}{60V} \quad (2.18)$$

dimana :

$t_f$  = waktu pengaliran pada saluran (menit)

$L$  = panjang saluran yang dilalui oleh air (m)

$V$  = kecepatan aliran air pada saluran (m/dt)

#### 2.3.3. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Langkah awal dalam perencanaan bangunan air (saluran) adalah penentuan besarnya debit yang harus diperhitungkan. Besarnya debit (banjir) perencanaan ditentukan oleh intensitas hujan yang terjadi.

Umumnya, makin besar  $t$  (waktu), intensitas hujan makin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau tidak ada alat, maka intensitas dapat ditempuh dengan cara-cara empiris :

- Metode *Talbot*
- Metode *Ishiguro*
- Metode *Sherman*
- Metode *Mononobe*

Dalam Tugas Akhir ini, metode perhitungan intensitas hujan yang digunakan yaitu Metode Mononobe karena data yang tersedia adalah data curah hujan harian maksimum tiap tahun. Persamaan untuk mendapatkan intensita ditunjukkan dibawah ini :

$$I = \frac{R24}{24} \left( \frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.19)$$

Dimana :

- $T_{0,3}$  = waktu dari puncak banjir sampai 0.3 kalidebit puncak (jam)  
 $Re$  = curah hujan efektif (1 mm)  
 $L$  = panjang sungai (km)  
 $\alpha$  = koefisien karakteristik DAS = 2  
 $Q$  = debit banjir ( $m^3/dt$ )

#### 2.3.4. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh, maka koefisien pengaliran bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah tinjauan. Untuk tata guna lahan yang bervriasi dapat ditentukan dengan rumus :

$$C_{gab} = \frac{C1 \times A1 + C2 \times A2 + \dots + Cx \times Ax}{A1 + A2 + \dots + Ax} \quad (2.20)$$

Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara, dan sebaiknya nilai pengaliran untuk analisis digunakan nilai yang terbesar atau nilai yang maksimum

Tabel 2. 8 Harga Koefisien Pengaliran (C)

Komponen lahan	Koefisien C (%)
Jalan :	
• Aspal	70 – 95
• Beton	80 – 95
• Bata/paving	70 – 85
Atap	75 – 95
Lahan berumput	
• Tanah berpasir	
- Landai (2%)	5 – 10
- Curam (7%)	15 – 20
• Tanah berat	
- Landai (2%)	13 – 17
- Curam (7%)	25 – 35
Untuk Amerika Utara, harga C secara keseluruhan :	
Daerah perdagangan :	
• Penting, padat	70 – 95
• Kurang padat	50 – 70
Area pemukiman	
• Perumahan tunggal	
• Perumahan kopel berjauhan	40 – 60
• Perumahan kopel berdekatan	60 – 75
• Perumahan pinggir kota	25 – 40
• apartemen	50 – 70
Taman dan makam	10 – 25
Taman bermain	20 – 35
Lahan kosong/terlantar	10 – 30

Sumber : Nadjadji Anwar, *Rekayasa Sumber Daya Air*

### 2.3.5. Daerah Pematusan (*Catchment Area*)

Daerah pematusan merupakan daerah tangkapan air yang dalam perencanaannya nanti disesuaikan dengan kondisi lapangan dan diusahakan tanpa mengubah secara keseluruhan. Hal yang harus diperhatikan dalam penentuan daerah pematusan adalah :

- Tata guna lahan saat ini dan yang akan datang
- Karakteristik tanah dan bangunan di atasnya
- Elevasi permukaan tanah

### 2.3.6. Perhitungan Debit Rencana (Q)

Debit Rencana adalah debit maksimum yang akan dialirkan oleh saluran drainase untuk mencegah terjadinya genangan. Untuk drainase perkotaan dan jalan raya, digunakan perhitungan debit rencana maksimum periode ulang 5-10 tahun. Penetapan debit banjir maksimum 5-10 tahun ini berdasarkan pertimbangan :

- Resiko akibat genangan yang akan ditimbulkan oleh hujan relatif kecil
- Luas lahan diperkotaan terbatas apabila ingin direncanakan saluran dengan debit banjir maksimum periode ulang lebih besar dari 5 tahun

Perencanaan debit rencana untuk drainase perkotaan dan jalan raya dihadapi dengan persoalan tidak tersedianya data aliran. Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan dapat dengan metode rasional, atau metode hidrogaf satuan.

Metode rasional dibuat dengan mempertimbangkan bahwa banjir berasal dari hujan yang mempunyai intensitas curah hujan seragam dan merata diseluruh DAS. Metode rasional ini pada umumnya banyak digunakan untuk menghitung debit banjir pada daerah aliran sungai yang tidak terlalu luas dengan batasan hingga luas kurang dari 300 ha

(Suripin,2004). Persamaan matematik metode rasional dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$Q = 0,278. C. I. A \quad (2.20)$$

Dimana :

Q = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/dt)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = *Catchment Area* (km<sup>2</sup>)

### 2.3.7. Periode Ulang

Pada dasarnya hujan rencana dipilih berdasarkan pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai social ekonomi suatu daerah yang ditinjau. Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih periode ulang 5-15 tahun.sedangkan pada daerah komersial dan padat dengantingkat ekonomi yang tinggi dapat diambil periode ulang 10-50 tahun.

Tabel 2. 9 Periode ulang hujan

No	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Mikro pada Daerah	
	a. Lahan rumah, taman, kebun kuburan	2 3
	b. Kesibukan dan perkantoran	
	c. Perindustrian	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringan</li> <li>• Menengah</li> <li>• Berat</li> <li>• Superberat/proteksi negara</li> </ul>	5 10 25 50
2	Saluran tersier	
	a. Resiko kecil b. Resiko besar	2 5

Sumber : Satya Martono, *Evaluasi Kerja Boezem Wonorejo*

Tabel 2.8 Periode Ulang Hujan (Lanjutan)

No	Distribusi	PUH (Tahun)
3	Salurab sekunder	
	a. Tanpa resiko	2
	b. Resiko kecil	5
	c. Resiko besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	a. Tanpa resiko	5
	b. Resiko kecil	10
	c. Resiko besar	25
5	Pengendali banjir makro	100
	a. Gorong-gorong	
	• Jalan raya biasa	10
	• Jalan by pass	25
	• Jalan ways	50
	b. Saluran tepian	
	• Jalan raya biasa	5-10
	• Jalan by pass	10-25
	• Jalan ways	25-50

*Sumber : Satya Martono, Evaluasi Kerja Boezem Wonorejo*



## 2.4. Analisa Hidrolika

### 2.4.1. Kapasitas Saluran.

Kapasitas saluran dapat didefinisikan sebagai debit maksimum yang dapat ditampung oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk perencanaan saluran agar mampu menampung debit tanpa luapan air.

Kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan rumus :

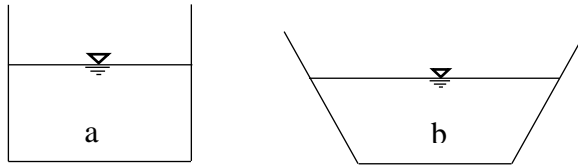
$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A \quad (2.21)$$

Dimana :

- Q = debit saluran (m<sup>3</sup>/dt)
- n = koefisien kekasaran manning
- R = jari-jari hidrolis (m)
- I = kemiringan energi
- A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

Jenis dan bentuk saluran disesuaikan dengan keadaan lingkungan setempat. Bentuk dan jenis saluran yang sering digunakan adalah :

- Saluran tertutup  
Saluran jenis ini digunakan pada daerah yang kepadatan penduduknya tinggi sehingga ruangannya terbatas, misalkan pada padat pemukiman, dan jalan-jalan protokol
- Saluran terbuka  
Saluran terbuka terdiri dari dua bentuk dengan karakteristik dan rumus hidrolika yang berbeda, saluran berbentuk segi empat dan trapezium.



Sumber : Ven Te Chow, Hidrolka Saluran Terbuka

Gambar 2. 2 Penampang saluran (a) persegi (b) trapezium

Tabel 2. 10 Rumus hidrolika saluran

Rumus	Penampang	
	Segiempat	Trapezium
Luas (A)	$b \cdot y$	$(b + zy) \cdot y$
Keliling Basah (P)	$b + 2 \cdot y$	$b + 2 \cdot y \sqrt{1 + z^2}$
Jari-jari Hidrolik (R)	$\frac{b \cdot y}{b + 2 \cdot y}$	$\frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2 \cdot y \sqrt{1 + z^2}}$
Lebar Permukaan Air (T)	$b$	$b + 2 \cdot y$
Kedalaman Hdrolik (D)	$y$	$\frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2 \cdot z \cdot y}$

Sumber : Ven Te Chow, Hidrolka Saluran Terbuka

## 2.5. Pintu Air

Pintu air berfungsi sebagai pengatur aluran air untuk pembuangan air, penyadap dan pengatur lalu lintas air.

Ditinjau dari segi konstruksi nya, secara garis besar pintu air dapat dibedakan dalam dua tipe, yaitu pintu air saluran terbuka dan pintu air saluran tertutup atau pintu air terowongan.

Pintu air sebagai pembuang di saluran drainase biasanya dibiarkan terbuka dan akan ditutup ketika elevasi sungai induk lebih tinggi dari elevasi saluran pemnbuang. Sedangkan sebagai pengatur lalu lintas air, maka pintu air selalu dibuka dan ditutup secara periodic. Bangunan pintu air dapat pula difungsikan sebagai tanggul banjir yang dipotong.

### **2.5.1. Penentuan Dimensi Pintu Air**

Dimensi pintu air ditetapkan berdasarkan debit yang akan dilewatkan melalui pintu tersebut. Untuk pintu drainase ditentukan berdasarkan elevasi muka air banjir di sungai, elevasi banjir dan debit drainase yang dibuang melalui pintu air tersebut. Kecepatan aliran air yang diinginkan melalui pintu tersebut sebesar 1-2 m/dt., tetapi untuk pintu air yang berdimensi cukup besar dapat mencapai kecepatan 3,5 m/dt

### **2.5.2. Besar Debit yang melewati pintu air**

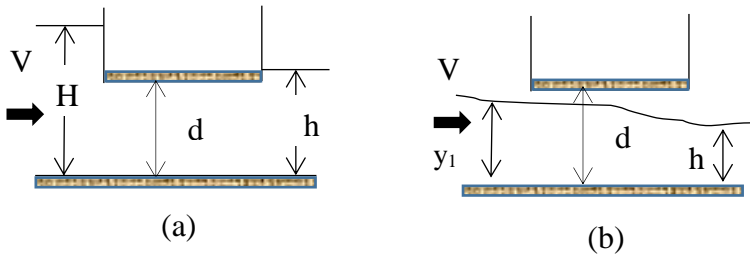
Besarnya debit yang dialirkan melalui pintu air dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- Bentuk Aliran Tenggelam (a)

$$Q = \mu . b . a \sqrt{2g(H)} \quad (2.22)$$

- Bentuk Aliran Tak Tenggelam (b)

$$Q = \mu . b . a \sqrt{2g . y1} \quad (2.23)$$



Sumber : Satya Martono, *Evaluasi Kerja Boezem Wonorejo*

Gambar 2. 3 Kombinasi aliran air di dalam terowongan

## 2.6. Analisa Pompa Air

Pompa air dibutuhkan apabila drainase dengan *sistem* gravitasi tidak memungkinkan, maka *sistem* pompa harus dipakai. Pompa air merupakan alat untuk menambah tenaga dari air, dengan tambahan tenaga yang dimaksud dinyatakan dalam tinggi tenaga atau tenaga per satuan berat air.

Perhitungan menggunakan hukum ketetapan energi :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + hp = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h \quad (2.24)$$

Dimana :

$Z$  = jarak titik tinjau (datum) dengan satuan meter (m)

$P$  = tekanan udara di permukaan air, (atm)

$hp$  = tambahan tenaga per satuan berat air yang diberikan oleh pompa

$\Delta h$  = kehilangan energi (m)

Dengan persamaan tersebut dapat ditentukan besarnya daya pompa yang diperlukan untuk memompa air. Perumusan daya pompa yang dipakai :

$$D = Q \times hp \times \gamma \quad (2.25)$$

Dimana :

D = daya pompa, satuan Hp  
 Q = debit yang dialirkan, satuan m<sup>3</sup>/dt  
 $\gamma$  = berat jenis zat cair  
 hp = tambahan energi per satuan zat cair yang diberikan pompa

Dalam penentuan daya motor pompa, harus memperhitungkan bahwa daya motor pompa yang tersedia tidak dipergunakan seluruhnya, Karena adanya tenaga yang hilang (efisiensi).

$$\eta = \frac{Do}{Di} \quad (2.26)$$

dimana :

$\eta$  = efisiensi motor, berkisar antara 0,8-0,9  
 Do = daya yang dapat dimanfaatkan (output), satuan Hp  
 Di = daya yang tersedia (input), satuan Hp

## 2.7. Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Penelusuran banjir adalah metode pendekatan untuk menentukan variasi debit terhadap waktu pada suatu titik pengamatan. Metode tersebut merupakan prakiraan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai atau lewat waduk. Perhitungan dimensi dengan waktu outflow, dengan mengasumsikan beberapa kondisi, diantaranya :

- Kondisi saluran primer dan sekunder dalam keadaan baik sehingga air yang mengalir melalui saluran tersebut lancar

- Dalam routing *boezem* dibedakan dalam dua keadaan eksisting:
  - Keadaan eksisting dengan outflow dari pintu
  - Keadaan eksisting dengan dari pintu dan pompa yang tersedia.

Untuk menghitung reservoir routing diperlukan data-data sebagai berikut :

- Hubungan volume tampungan dengan elevasi waduk
- Hubungan elevasi permukaan air dan outflow serta hubungan tampungan dan outflow
- Hidrograf inflow
- Nilai awal untuk S, I dan Q pada waktu  $t=0$

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (2.27)$$

Dimana :

I = debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/dt$ )

Q = debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/dt$ )

dS = besarnya tampungan dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau

dt = periode penelusuran (detik, jam, atau hari)

Kalau periode penelusurannya diubah dari dt menjadi  $\Delta t$  maka :

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (2.28)$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (2.29)$$

$$dS = S_2 - S_1 \quad (2.30)$$

sehingga persamaan (20) dapat diubah menjadi

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \quad (2.31)$$

Dengan indeks 1 merupakan keadaan mula periode penelusuran, dan indeks 2 merupakan keadaan akhir periode penelusuran, persamaan di atas dapat ditulis sedemikian rupa sehingga factor-faktor yang diketahui ditempatkan di ruas kiri seperti berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left( S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left( S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \right) \quad (2.32)$$

Jika :

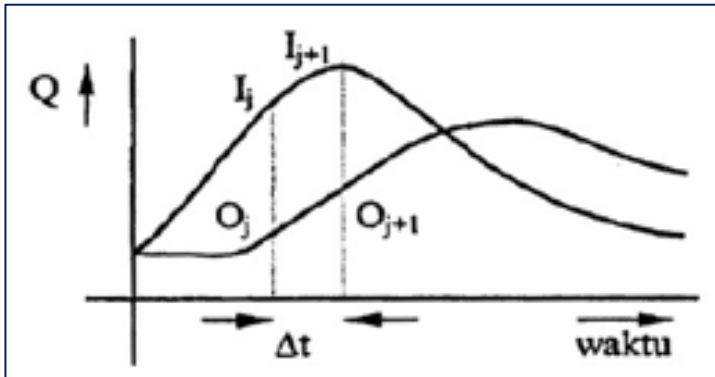
$$\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} = \psi_1 \quad (2.33)$$

$$\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} = \varphi_2 \quad (2.34)$$

maka ketiga persamaan diatas apabila disimpelkan menjadi :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi_1 = \varphi_2 \quad (2.35)$$

$I_1$  dan  $I_2$  diketahui dari hidrograf debit masuk ke waduk jika periode penelusuran (routing period)  $\Delta t$  telah ditentukan :



Sumber : Stevy Thioritz, Metode Penelitian Banjir

Gambar 2. 4 Hubungan antara aliran masuk, aliran keluar dan penyimpanan dalam busen akibat banjir

Dengan berasumsi kehilangan air aliran yang melalui diabaikan, maka luas total dibawah hidrograf akan sama karna volume air banjir tidak mengalami perubahan. Gambar 2.3 memperlihatkan adanya penurunan dan penundaan waktu puncak banjir. Perbedaan antara debit hidrograf inflow dan outflow menunjukkan laju penyimpanan air pada *boezem*.



*Halam ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Survey Pendahuluan dan Studi Literatur**

Gambaran mengenai kondisi daerah yang akan diangkat menjadi topik tugas akhir merupakan dasar perencanaan dalam menentukan desain *boezem*, pompa dan pintu air beserta sistem pengoperasiannya . Kondisi dijadikan pedoman adalah kedalaman air dan situasi yang ada.

Studi literatur meliputi kegiatan memahami teori-teori (hidrologi dan hidrolka) yang berkaitan dengan perencanaan pematusan kota yang kemudian dijadikan dasar perencanaan.

### **3.2. Pengumpulan Data**

Dalam penentuan pola operasi *boezem*, pompa dan pintu air, data penting sangat diperlukan untuk mendukung suatu hasil yang optimal dan sesuai yang diharapkan . Dalam tugas akhir ini data sekunder yang diperlukan ;

- Peta situasi kawasan studi
- Topografi kawasan studi
- Lokasi stasiun hujan
- Peta Tata Guna Lahan Existing dan Rencana

Data primer yang meliputi : hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan.

### **3.3. Analisa Hidrologi**

Dari data-data primer yang terkumpul, akan dibuat perhitungan menjadi data sekunder untuk mendapatkan hasil yang dikehendaki. Analisa hidrologi data yang dimaksud meliputi :

- Menghitung Curah Hujan Rata-rata
- Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata

- Membuat Hidrograf Banjir

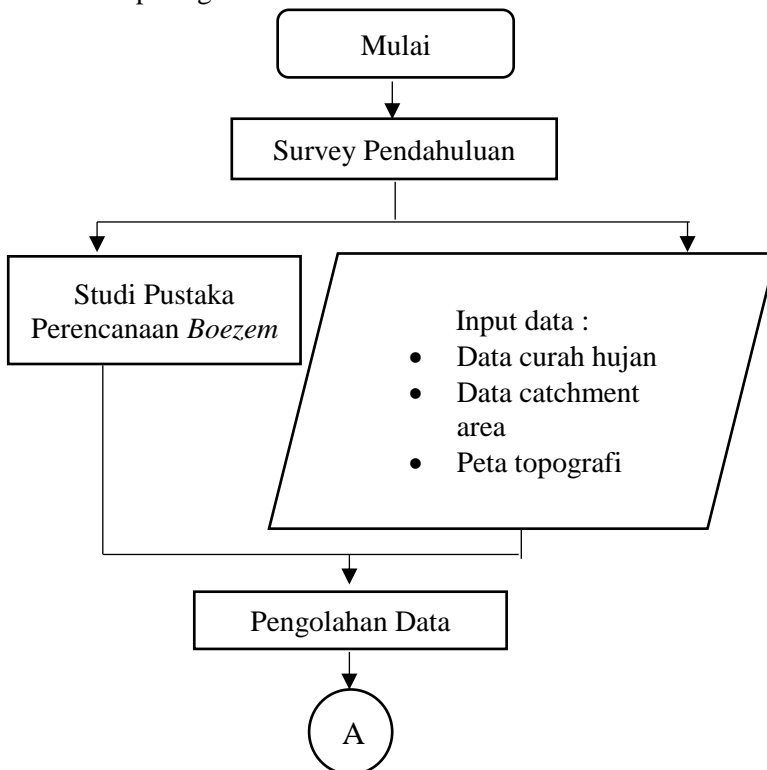
### 3.4. Analisa Hidrolika

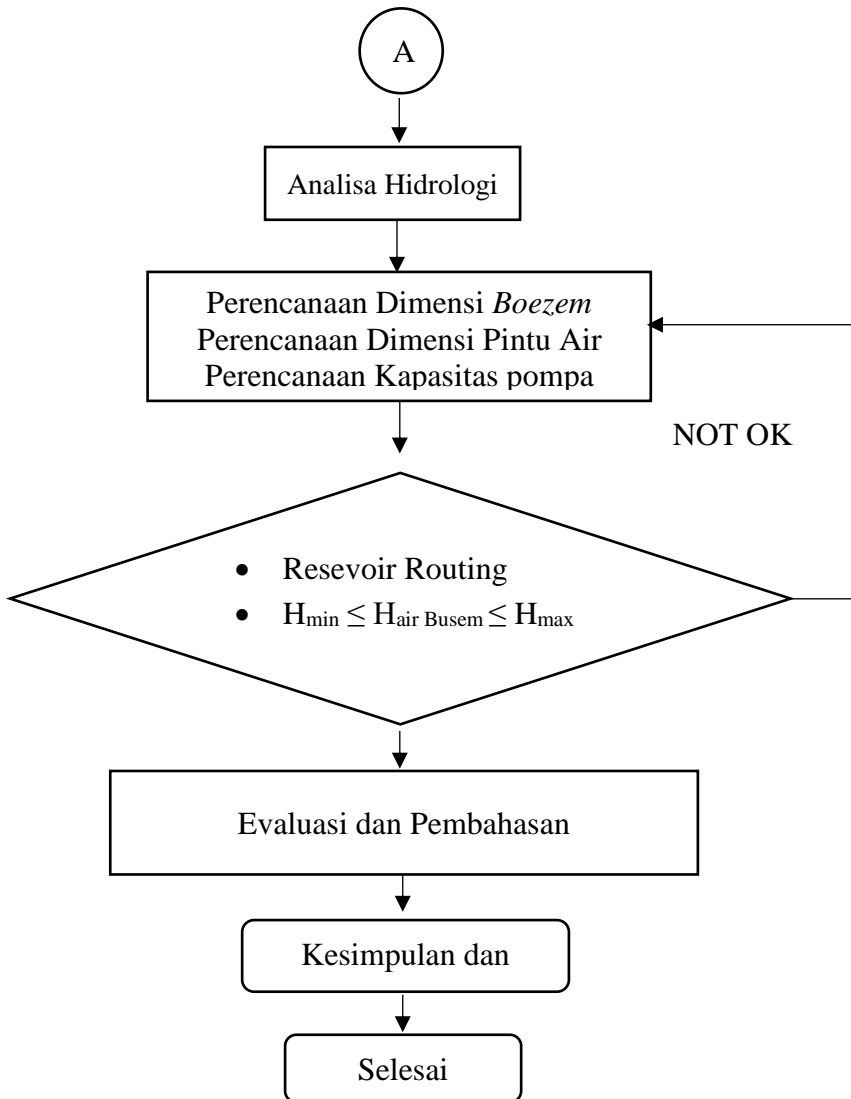
Analisa Hidrolika meliputi :

- Kapasitas *boezem*
  - Perhitungan debit inflow
- Selain itu juga ditambah perencanaan utama
- Perencanaan pintu air dan kapasitas pompa
  - Perhitungan flood routing

### 3.5. Diagram Alir

Untuk mempermudah perencanaan *Boezem* dan Pompa Air pada muara Kali Kandangan, maka dibuat skema diagram alir seperti gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Analisa Hidrologi**

Pada analisa ini terdapat tiga stasiun hujan yang berada di dekat Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Kandangan, yaitu Stasiun Hujan Kandangan, Stasiun Hujan Gunungsari dan Stasiun Hujan Simo. Untuk memperoleh data curah hujan area tersebut maka diambil harga rata-rata. Tujuan dari analisa hidrologi ini adalah untuk mengetahui berapa besar debit banjir yang akan dianalisa dengan periode ulang 10 tahun.

##### **4.1.1. Analisa Curah Hujan Rata-rata**

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh wilayah yang ditinjau. Curah hujan wilayah diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Pada Tugas Akhir ini, terdapat tiga titik pengamatan seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab diatas. Untuk mengetahui stasiun hujan mana yang berpengaruh terhadap DAS, metode yang digunakan adalah metode Poligon Thiessen. Jika dilihat pada Gambar 4.1, Metode Poligon Thiessen menunjukkan bahwa hanya satu stasiun yang berpengaruh pada DAS Kali Kandangan, yaitu Stasiun Hujan Kandangan. Oleh karena itu digunakan rumus Metode Aritmatik dengan rumus (2.1) sebagai berikut :

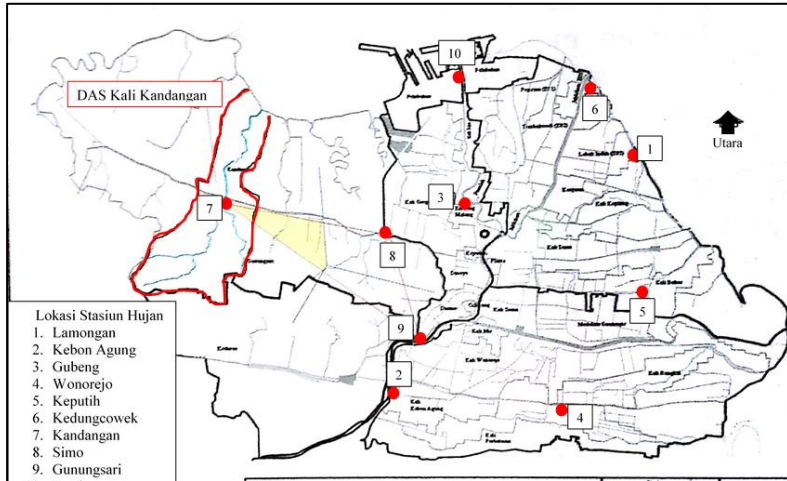
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{N} = \frac{1}{N} \sum R_t$$

Dimana :

R = Tinggi Hujan rata-rata (mm)

R<sub>t</sub> = Tinggi Harian maksimum (mm)

N = Jumlah Data



*Sumber : Drainase dan Elevasi Surabaya, PU Pematusan*

Gambar 4. 1 Metode Poligon Thiessen pada DAS Kali Kandangan

Berikut merupakan data hujan dari ketiga Stasiun Hujan :

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan harian Maksimum tiap Stasiun

tahun	Ri (mm)
	Kandangan
1991	73
1992	133
1993	109
1994	135
1995	125
1996	254
1997	93
1998	73

Tabel 4.1 Data Curah Hujan harian Maksimum tiap Stasiun  
(Lanjutan)

tahun	Ri (mm)
	Kandangan
1999	95
2000	110
2001	124
2002	205
2003	117
2004	79
2005	90
2006	130
2007	97
2008	120
2009	78
2010	127
2011	79
2012	82
2013	75
2014	81
2015	63

*Sumber : Data*

#### 4.1.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk memperkirakan atau memilih distribusi probabilitas yang akan dipakai. Parameter statistic yang dimiliki data adalah  $X$ ,  $S$ ,  $C_s$ ,  $C_k$ , dan  $C_v$

Curah hujan rencana dihitung untuk mendapatkan parameter statistic agar dapat diketahui jenis distribusi



yang sesuai dengan data curah hujan yang ada. Hasil uji parameter statistic menggunakan rumus 2.2 s/d 2.6.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Parameter Statistik Data Curah Hujan

No	Tahun	$X_i$	$X_r$	$X_i - X_r$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1	1991	73	110	-36,88	1360,13	-50161,76	1849965,59
2	1992	133	110	23,12	534,534	12358,44	285727,025
3	1993	109	110	-0,88	0,7744	-0,681472	0,59969536
4	1994	135	110	25,12	631,014	15851,08	398179,173
5	1995	125	110	15,12	228,614	3456,65	52264,5439
6	1996	254	110	144,1	20770,6	2993455	431416761
7	1997	93	110	-16,88	284,934	-4809,693	81187,6123
8	1998	73	110	-36,88	1360,13	-50161,76	1849965,59
9	1999	95	110	-14,88	221,414	-3294,646	49024,3365
10	2000	110	110	0,12	0,0144	0,001728	0,00020736
11	2001	124	110	14,12	199,374	2815,167	39750,1514
12	2002	205	110	95,12	9047,81	860628,1	81862945,4
13	2003	117	110	7,12	50,6944	360,9441	2569,92219
14	2004	79	110	-30,88	953,574	-29446,38	909304,136
15	2005	90	110	-19,88	395,214	-7856,862	156194,422
16	2006	130	110	20,12	404,814	8144,866	163874,698
17	2007	97	110	-12,88	165,894	-2136,72	27520,952
18	2008	120	110	10,12	102,414	1036,434	10488,7093
19	2009	78	110	-31,88	1016,33	-32400,74	1032935,61
20	2010	127	110	17,12	293,094	5017,776	85904,3273
21	2011	79	110	-30,88	953,574	-29446,38	909304,136
22	2012	82	110	-27,88	777,294	-21670,97	604186,584
23	2013	75	110	-34,88	1216,61	-42435,51	1480150,6
24	2014	81	110	-28,88	834,054	-24087,49	695646,742
25	2015	63	110	-46,88	2197,73	-103029,8	4830036,49
Jumlah		2747			44000,6	3502185	528793888

*Sumber : hasil perhitungan*

Standar Deviasi ( $S$ ) = 42,81775  
 Koefisien Variasi ( $C_v$ ) = 0,3897  
 Koefisien Kemencengan ( $C_s$ ) = 2,021  
 Koefisien Ketajaman ( $C_k$ ) = 6,293

### 4.1.3. Uji Distribusi

#### 4.1.3.1. Metode Gumbel

Seperti pada perhitungan parameter statistic, perhitungan metode Gumbel diawali dengan menentukan parameter-parameter distribusinya. Tabel 4.3 berikut menyajikan hasil perhitungan parameter dari Distribusi Gumbel.

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Parameter Distrbusi Gumbel

n	25
Xr	110
S	42,818
Cv	0,39
Cs	2,021
Ck	6,293

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.1.3.2. Metode Log Pearson III

Seperti pada perhitungan parameter statistic, perhitungan metode Log Pearson III diawali dengan menentukan parameter-parameter distribusinya. Tabel 4.4 berikut menyajikan hasil perhitungan parameter dari Distribusi Log Pearson III

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson III

n =	25
Xr =	110
S =	42,818
Cv =	0,39
Cs =	2,021
Ck =	6,293

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.1.4. Uji Kecocokan Frekuensi Curah Hujan

##### 4.1.4.1. Uji Kecocokan Chi-Square

##### 1. Parameter Distribusi Gumbel

Banyaknya kelas dan derajat kebebasan dari data yang ada digunakan sebagai berikut ini.

$$G = 1 + 1,33 \ln 25 \quad dk = G - R - 1$$

$$= 5,2811 \approx 6 \quad = 6 - 2 - 1 = 3$$

Dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5 \%$  dan  $dk = 3$  maka diperoleh nilai  $\lambda h^2 cr$  sebesar 7,815.

$$\Delta X = (X_{\max} - X_{\min}) / (G - 1) = 38,2$$

$$X_{\text{awal}} = X_{\min} - 0,5(\Delta X) = 43,9$$

$$Ef = N/G = 4,167$$

Tabel 4. 5 Sub grup Uji Chi-Square Metode Gumbel

No	Probabilitas		Of	Ef	Ef-Of	(Ef-Of)^2/Ef
1	43,9	< x < 82,1	9	4,17	-4,83333	5,60666667
2	82,1	< x < 120,3	8	4,17	-3,83333	3,52666667
3	120,3	< x < 158,5	6	4,17	-1,83333	0,80666667
4	158,5	< x < 196,7	0	4,17	4,166667	4,16666667
5	196,7	< x < 234,9	1	4,17	3,166667	2,40666667
6	234,9	< x < 273,1	1	4,17	3,166667	2,40666667
<b>N =</b>			<b>25</b>	<b>(λh)^2=</b>		<b>18,92</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Kesimpulan :  $\lambda h^2 cr < \lambda h^2$ , Metode Gumbel **tidak diterima**

## 2. Parameter Distribusi Log Pearson III

Adapun tahapan-tahapannya sama seperti distribusi lainnya. Banyaknya kelas dan derajat kebebasan dari data yang ada digunakan sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} G &= 1 + 1,33 \ln 25 & dk &= G - R - 1 \\ &= 5,2811 \approx 6 & &= 6 - 2 - 1 = 3 \end{aligned}$$

Dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5 \%$  dan  $dk = 3$  maka diperoleh nilai  $\lambda h^2 cr$  sebesar 7,815.

$$\Delta X = (X_{\max} - X_{\min}) / (G - 1) = 0,1$$

$$X_{\text{awal}} = X_{\min} - 0,5(\Delta X) = 1,7$$

$$Ef = N/G = 4,167$$

Tabel 4. 6 Subgrup Uji Chi-Square Metode Log Pearson III

No	Probabilitas		Of	Ef	Ef-Of	(Ef-Of) <sup>2</sup> /Ef
1	1,7	< x < 1,9	7	4,1667	-2,833	1,526666667
2	1,9	< x < 2,0	6	4,1667	-1,833	0,406666667
3	2,0	< x < 2,1	6	4,1667	-1,833	0,406666667
4	2,1	< x < 2,2	4	4,1667	0,1667	0,006666667
5	2,2	< x < 2,3	0	4,1667	4,1667	3,926666667
6	2,3	< x < 2,5	2	4,1667	2,1667	1,026666667
N =			25	$(\lambda h)^2 =$		7,32

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Kesimpulan :  $\lambda h^2 cr > \lambda h^2$ , Metode Log Pearson III **diterima**

#### 4.1.4.2. Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

##### 1. Parameter Distribusi Gumbel

Langkah pertama yaitu menentukan harga  $D_0$  kritis dari data yang ada.

$$n = 25 \quad \alpha = 5 \% \quad D_0 = 0.27$$

Kemudian dilakukan perhitungan uji distribusi metode Smirnov-Kolmogorov seperti berikut ini :

Tabel 4. 7 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel

Xi	m	$P(x)=m/(n+1)$	$P(x<)$	$f(t)=Xi-Xr/Sx$	$P'(x<)$	$P'(x)$	D
1	2	3	4=nilai 1-(3)	5	6	7=nilai 1-(6)	8 = (7)-(3)
254	1	0,0384615	0,96153846	3,37	0,9996	0,0004	0,038061538
205	2	0,0769231	0,92307692	2,22	0,9868	0,0132	0,063723077
135	3	0,1153846	0,88461538	0,59	0,7224	0,2776	0,162215385
133	4	0,1538462	0,84615385	0,54	0,7054	0,2946	0,140753846
130	5	0,1923077	0,80769231	0,47	0,6808	0,3192	0,126892308
127	6	0,2307692	0,76923077	0,40	0,6554	0,3446	0,113830769
125	7	0,2692308	0,73076923	0,35	0,6368	0,3632	0,093969231
124	8	0,3076923	0,69230769	0,33	0,6293	0,3707	0,063007692
120	9	0,3461538	0,65384615	0,24	0,5948	0,4052	0,059046154
117	10	0,3846154	0,61538462	0,17	0,5675	0,4325	0,047884615
110	11	0,4230769	0,57692308	0,00	0,5	0,5	0,076923077
109	12	0,4615385	0,53846154	-0,02	0,508	0,492	0,030461538
97	13	0,5	0,5	-0,30	0,3821	0,6179	0,1179
95	14	0,5384615	0,46153846	-0,35	0,3632	0,6368	0,098338462
93	15	0,5769231	0,42307692	-0,39	0,3483	0,6517	0,074776923
90	16	0,6153846	0,38461538	-0,46	0,3228	0,6772	0,061815385
82	17	0,6538462	0,34615385	-0,65	0,2578	0,7422	0,088353846
81	18	0,6923077	0,30769231	-0,67	0,2514	0,7486	0,056292308
79	19	0,7307692	0,26923077	-0,72	0,2358	0,7642	0,033430769
79	20	0,7692308	0,23076923	-0,72	0,2358	0,7642	0,005030769
78	21	0,8076923	0,19230769	-0,74	0,2296	0,7704	0,037292308
75	22	0,8461538	0,15384615	-0,81	0,209	0,791	0,055153846
73	23	0,8846154	0,11538462	-0,86	0,1949	0,8051	0,079515385
73	24	0,9230769	0,07692308	-0,86	0,1949	0,8051	0,117976923
63	25	0,9615385	0,03846154	-1,09	0,1379	0,8621	0,099438462
Dmax =							0,162215385

Sumber : Hasil Perhitungan

Kesimpulan : Perhitungan pada Tabel 4.7 memperoleh nilai  $D_{\text{maks}}$  sebesar 0.162. Nilai  $D_{\text{maks}}$  tersebut lebih kecil daripada nilai  $D_0$  yaitu 0.27 ( $D_{\text{maks}} = 0.162 < D_0 = 0.27$ ), sehingga Distribusi Gumbel dapat **diterima**.

2. Parameter Distribusi Log Pearson III  
Langkah-langkahnya sama dengan diatas hanya berbeda pada perhitungan tabel nya :

Tabel 4. 8 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Pearson III

$X_i$	$m$	$P(x)=m/(n+1)$	$P(x<)$	$f(t)=X_i-X_r/S_x$	$P'(x<)$	$P'(x)$	$D$
1	2	3	4=nilai 1-(3)	5	6	7=nilai 1-(6)	8 = (7)-(3)
2,40483	1	0,0384615	0,96153846	2,73	0,9968	0,0032	0,035261538
2,31175	2	0,0769231	0,92307692	2,07	0,9808	0,0192	0,057723077
2,13033	3	0,1153846	0,88461538	0,80	0,7881	0,2119	0,096515385
2,12385	4	0,1538462	0,84615385	0,76	0,7764	0,2236	0,069753846
2,11394	5	0,1923077	0,80769231	0,69	0,7549	0,2451	0,052792308
2,1038	6	0,2307692	0,76923077	0,61	0,7291	0,2709	0,040130769
2,09691	7	0,2692308	0,73076923	0,57	0,7157	0,2843	0,015069231
2,09342	8	0,3076923	0,69230769	0,54	0,7054	0,2946	0,013092308
2,07918	9	0,3461538	0,65384615	0,44	0,67	0,33	0,016153846
2,06819	10	0,3846154	0,61538462	0,37	0,6443	0,3557	0,028915385
2,04139	11	0,4230769	0,57692308	0,18	0,5714	0,4286	0,005523077
2,03743	12	0,4615385	0,53846154	0,15	0,5596	0,4404	0,021138462
1,98677	13	0,5	0,5	-0,21	0,4168	0,5832	0,0832
1,97772	14	0,5384615	0,46153846	-0,27	0,3936	0,6064	0,067938462
1,96848	15	0,5769231	0,42307692	-0,33	0,3707	0,6293	0,052376923
1,95424	16	0,6153846	0,38461538	-0,43	0,3336	0,6664	0,051015385
1,91381	17	0,6538462	0,34615385	-0,72	0,2358	0,7642	0,110353846
1,90849	18	0,6923077	0,30769231	-0,75	0,2266	0,7734	0,081092308
1,89763	19	0,7307692	0,26923077	-0,83	0,2033	0,7967	0,065930769
1,89763	20	0,7692308	0,23076923	-0,83	0,2033	0,7967	0,027469231
1,89209	21	0,8076923	0,19230769	-0,87	0,1922	0,8078	0,000107692
1,87506	22	0,8461538	0,15384615	-0,99	0,1611	0,8389	0,007253846
1,86332	23	0,8846154	0,11538462	-1,07	0,1423	0,8577	0,026915385
1,86332	24	0,9230769	0,07692308	-1,07	0,1423	0,8577	0,065376923
1,79934	25	0,9615385	0,03846154	-1,52	0,0643	0,9357	0,025838462
Dmax							0,110353846

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Kesimpulan : Perhitungan pada Tabel 4.8 memperoleh nilai  $D_{maks}$  sebesar 0.1104. Nilai  $D_{maks}$  tersebut lebih kecil daripada nilai  $D_0$  yaitu 0.27 ( $D_{maks} = 0.1104 < D_0 = 0.27$ ), sehingga Distribusi Gumbel dapat **diterima**.

Rekapitulasi hasil Uji Kecocokan Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov menunjukkan bahwa **Metode Distribusi Log Pearson III** yang dipakai untuk menentukan debit banjir rencana :

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan

Persamaan Distribusi	Uji Kecocokan							
Chi – Square					Smirnov-Kolmogorov			
	$X^2$	Nilai	$Xh^2$	Evaluasi	$D_{maks}$	Nilai	$D_0$	Evaluasi
Gumbel	18,92	>	7,815	NOT OK	0,162	>	0,27	OK
Log Pearson III	8,84	>	7,815	NOT OK	0,110	>	0,27	OK

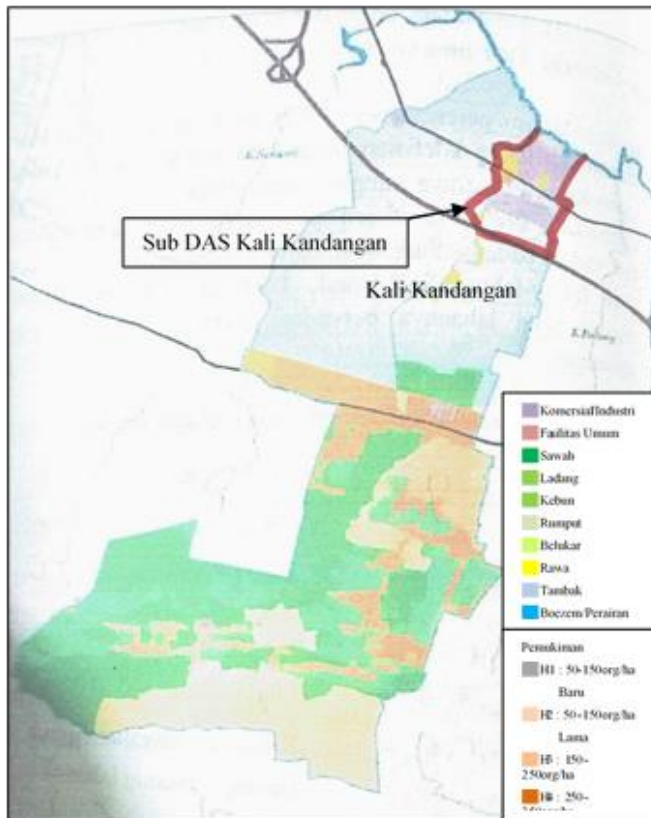
*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.2. Debit Banjir Rencana

Besar debit rencana yang terjadi dapat direncanakan dengan menghitung tinggi hujan rencana terlebih dahulu yaitu dengan uji distribusi metode Gumbel dan Log Pearson III. Berdasarkan Uji Kecocokan Chi-Square dan Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov pada Tabel 4.9, Metode Distribusi Log Pearson III dipakai untuk menghitung Debit Banjir Rencana.

#### 4.2.1. Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Rencana

4.2.1.1. Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Eksisting  
Tata Guna lahan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber : Data dari PU Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya

Gambar 4. 2 Tata Guna Lahan DAS Kali Kandangan Kondisi Eksisting



Untuk memperhitungkan besarnya koefisien pengaliran perlu diperhitungkan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Besarnya angka koefisien pengaliran yang digunakan berdasarkan tata ruang Kota Surabaya khususnya wilayah Kali Kandangan Surabaya Barat dapat dihitung berdasarkan rumus (2.23) dan tabel 2.3.

Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi eksisting DAS Kali Kandangan

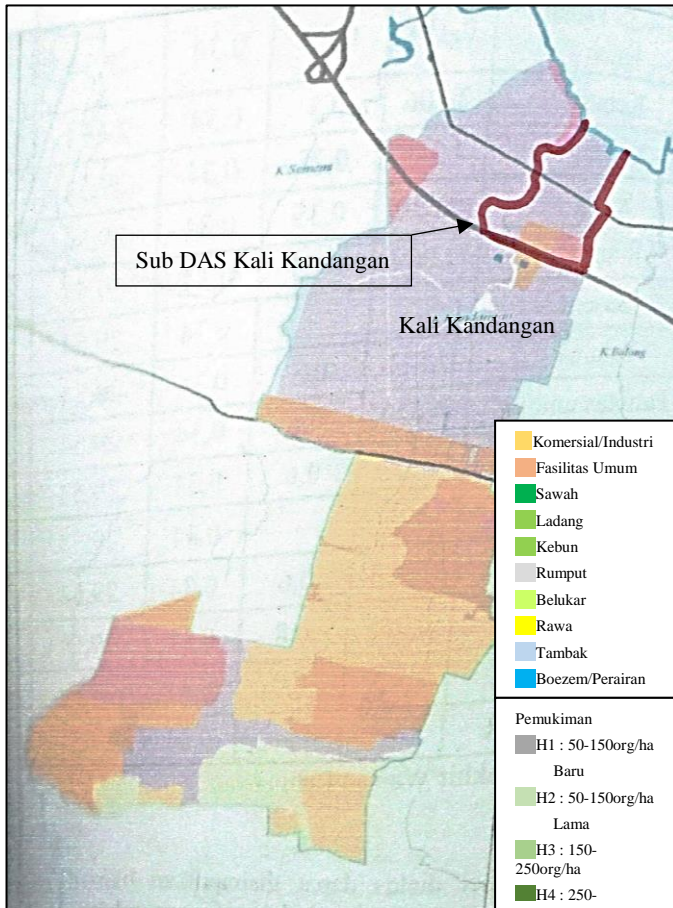
Tata Guna Lahan	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )	Nilai C	C rata-rata	Luas Sub DAS (km <sup>2</sup> )
Lahan Kosong	0,205	0,35	0,415	1,0229
Komersial Industri	0,358	0,6		1,0229
Tambak	0,460	0,3		1,0229

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Berdasarkan tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa untuk perhitungan hujan rencana menggunakan nilai  $C = 0,415$

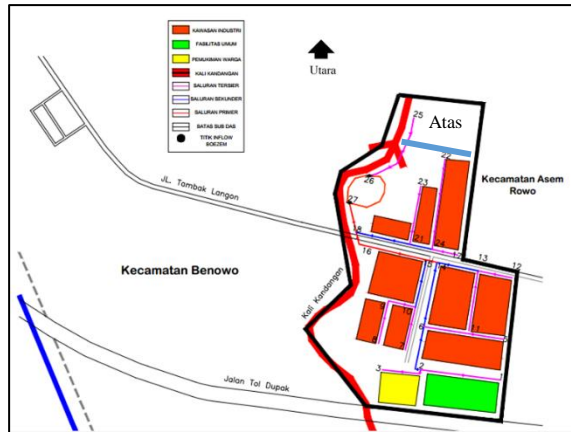
#### 4.2.1.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Rencana

Pada perhitungan Koefisien pengaliran kondisi rencana tahun 2020, besarnya angka koefisien pengaliran yang digunakan berdasarkan tata ruang Kota Surabaya khususnya wilayah Kali Kandangan Surabaya Barat dapat dihitung berdasarkan rumus (2.23) dan tabel 2.3.



*Sumber : Badan Perencanaan Pembangunan Pemerintah Kota Surabaya, Rencana Tata Ruang Wilayah*

**Gambar 4. 3 Tata Guna Lahan DAS Kali Kandangan Kondisi Rencana (Tahun 2020)**



Gambar 4. 4 Layout Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Pada gambar 4.4, Sub DAS Kali Kandangan dibagi menjadi 2 karena terdapat 2 titik inflow, bagian atas dan bagian bawah. Bagian atas area di atas garis batas biru dan bagian bawah area di bawah garis batas biru.

Tabel 4. 11 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kondisi Rencana Sub DAS Kali Kandangan Bagian Bawah

Tata Guna Lahan	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )	Nilai C	C rata-rata	Luas Sub DAS (km <sup>2</sup> )
Pemukiman Warga	0,205	0,35	0,56	0,972
Industri	0,511	0,6		0,972
Fasilitas Umum	0,205	0,8		0,972

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4. 12 Perhitungan Koefisien Pengaliran Kodisi Rencana  
Sub DAS Kali Kandangan Bagian Atas

Tata Guna Lahan	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )	Nilai C	C rata-rata	Luas Sub DAS (km <sup>2</sup> )
Komersial Industri	0,051	0,6	0,6	0,051

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berdasarkan hasil Uji Kecocokan Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov, maka perhitungan curah hujan yang digunakan adalah metode Log Pearson III. Parameter yang diperoleh dari distribusi ini telah dicantumkan dalam tabel 4.12, dan persamaan yang akan digunakan adalah persamaan (2.14) :

$$X_t = \bar{X} + K_X \cdot Sd$$

Dengan nilai  $C_s = 0,9713$  , maka dapat ditentukan nilai k dari hasil pembacaan tabel 2.3 dan selanjutnya dihitung besaran tiap periode ulang hujan, contoh :

- 10 tahun

$$X_t = \bar{X} + K_X \cdot Sd$$

$$= 2,0161 + (1,339) \cdot 0,1426 = 2,207$$

$$R_t = \text{antilog } X_t = 161,11 \text{ mm}$$

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson III

T (years)	Xr	k	S	k.S	Xt	Rt = anti log Xt (mm)
2	2,0161	-0,150	0,143	-0,021	1,995	98,790
5	2,0161	0,768	0,143	0,109	2,126	133,535
10	2,0161	1,339	0,143	0,191	2,207	161,107
25	2,0161	2,02	0,143	0,288	2,304	201,560
50	2,0161	2,51	0,143	0,357	2,373	236,166

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.2.3. Perhitungan Debit Banjir Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rasional dibagi menjadi 2, bagian atas dan bawah :

##### a. Bagian Bawah

- Koefisien (C) = 0,56
- $R_{24}$  = 161,107 mm
- A = 0,972 km<sup>2</sup>
- $t_c$  = 57,84 menit = 0,96 jam  
(dari perhitungan saluran)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{161,107}{24} \left( \frac{24}{0,96} \right)^{\frac{2}{3}} = 57,23 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278. C. I. A \\ &= 0,278. 0,56. 57,23. 0,972 \\ &= 8,63 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

##### b. Bagian Atas

- Koefisien (C) = 0,6
- $R_{24}$  = 161,107 mm
- A = 0,051 km<sup>2</sup>

- $t_c = 31,01 \text{ menit} = 0,52 \text{ jam}$   
(dari perhitungan saluran)

$$I = \frac{R24}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{161,107}{24} \left( \frac{24}{0,52} \right)^{\frac{2}{3}} = 86,73 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,278. C. I. A \\ &= 0,278. 0,6. 57,23. 0,051 \\ &= 0,74 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Td (waktu lama hujan) = 4 jam = 240 menit (asumsi waktu terlama hujan di kota Surabaya). Terdapat 2 inflow dan dihitung menggunakan superposisi.  $Q = 9,42 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Tabel 4. 14 Perhitungan Debit Banjir

Saluran P4		saluran T11	
t (menit)	Q (m3/dt)	t (menit)	Q (m3/dt)
0	0	0	0
57,84	8,63	31,01	0,79
297,84	8,63	271,01	0,79
355,69	0	302,01	0

*Sumber : Hasil Perhitungan*

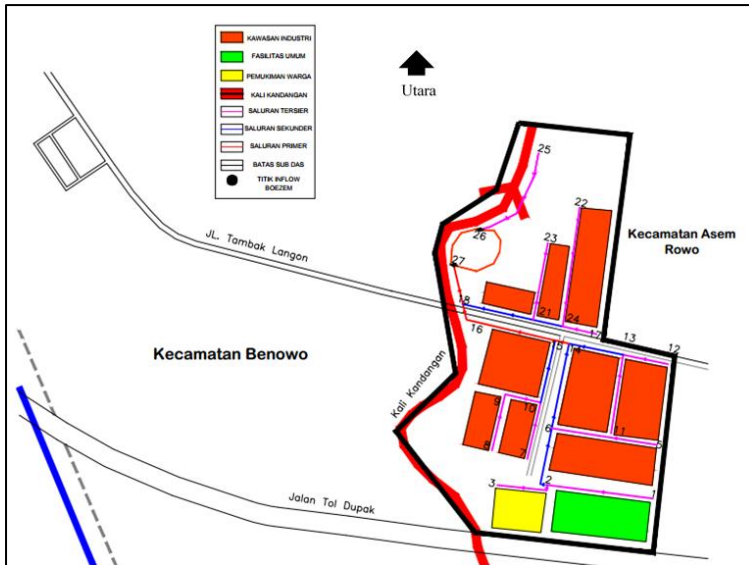
Tabel 4. 15 Perhitungan Debit Banjir Superposisi

Saluran P4		saluran T11		Superposisi		
t (menit)	Q	t (menit)	Q	t (menit)	t (jam)	Q
0	0,000	0	0	0	0	0,00
31,01	4,624	31,006	0,79	31,01	0,52	5,42
57,84	8,626	57,843	0,79	57,84	0,96	9,42
271,01	8,626	271,010	0,79	271,01	4,52	9,42
297,84	8,626	297,840	0,107	297,84	4,96	8,73
302,01	8,004	302,010	0	302,01	5,03	8,00
355,69	0	355,690	0	355,69	5,93	0,00

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 4.3. Layout Rencana Saluran

#### 4.3.1. Perencanaan Layout



Sumber : PU Pematusan, Eksisting Low Level Barat

Gambar 4. 5 Layout Perencanaan Saluran Kondisi Rencana 2020

#### 4.3.2. Perencanaan Saluran Inflow *Boezem*

Perencanaan saluran menggunakan metode rasional, yaitu dengan menghitung terlebih dahulu Debit Hidrologi dengan menggunakan rumus :

$$Q = 0,278. C. I. A$$

Untuk mendapatkan debit Hidrologi, lebih dahulu menghitung nilai Koefisien Pengaliran dengan rumus 2.24 :

$$C_{gab} = \frac{C1 \times A1 + C2 \times A2 + \dots + Cx \times Ax}{A1 + A2 + \dots + Ax}$$

Tabel 4. 16 Nilai C untuk Periode Ulang 10 tahun

nama saluran	titik	jenis saluran	s	panjang (m)	C jalan	luas jalan		C bangunan	luas bangunan		$\Sigma C_i \times A_i$	$\Sigma A_i$	C gabungan
						m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>			
T1	1-2	Tersier	0,0005	360	0,8	2752	0,0028	0,3	46080	0,04608	0,02	0,05	0,33
T2	3-2	Tersier	0,0005	160	0,8	640	0,0006	0,7	20480	0,02048	0,01	0,02	0,70
S1	2-6	Sekunder	0,0008	200	0,8	640	0,0006	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T3	5-6	Tersier	0,0005	432	0,8	3456	0,0035	0,7	38400	0,0384	0,03	0,04	0,71
S2	6-14	Sekunder	0,0008	280	0,8	1120	0,0011	0,7	38400	0,0384	0,03	0,04	0,70
T4	11-13	Tersier	0,0005	256	0,8	2048	0,002	0,7	32640	0,03264	0,02	0,03	0,71
T5	12-13	Tersier	0,0005	160	0,8	1280	0,0013	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
S3	13-14	Sekunder	0,0008	256	0,8	2048	0,002	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
P1	14-15	Primer	0,0010	48	0,8	384	0,0004	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T6	8-10	Tersier	0,0005	304	0,8	1728	0,0017	0,7	13760	0,01376	0,01	0,02	0,71
T7	7-10	Tersier	0,0005	184	0,8	736	0,0007	0,7	13760	0,01376	0,01	0,01	0,71
S4	10-15	Sekunder	0,0008	200	0,8	800	0,0008	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
P2	15-16	Primer	0,0010	264	0,8	2112	0,0021	0,7	33792	0,03379	0,03	0,04	0,71
P3 gorong	16-18	Primer	0,0010	48	0,8	384	0,0004	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T8	17-24	Tersier	0,0005	120	0,8	960	0,001	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T9	22-24	Tersier	0,0005	384	0,8	3072	0,0031	0,7	34560	0,03456	0,03	0,04	0,71
S5	24-21	Sekunder	0,0008	88	0,8	704	0,0007	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T10	23-21	Tersier	0,0005	320	0,8	2560	0,0026	0,7	15360	0,01536	0,01	0,02	0,71
S6	21-18	Sekunder	0,0008	240	0,8	1920	0,0019	0,7	11520	0,01152	0,01	0,01	0,71
P4 inflow	18-27	Primer	0,0010	160	0,8	640	0,0006	0,7	0	0	0,00	0,00	0,80
T11	25-26	Tersier	0,0005	240	0,8	1920	0,0019	0,7	44800	0,0448	0,03	0,05	0,70

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung Intensitas hujan menggunakan metode Mononobe dengan  $R_{24} = 161,107$  mm.

Tabel 4. 17 Debit Hidrologi ( $Q_{10}$ )

nama saluran	titik	Jenis saluran	L sal	t0	tf	tc	tc	I mononobe	A blok	C gab	Q
			(m)	menit	menit	menit	jam	mm/jam	km <sup>2</sup>		m <sup>3</sup> /dt
T1	1-2	Tersier	360	13,18	20,00	33,18	0,55	82,91	0,05	0,33	0,37
T2	3-2	Tersier	160	13,18	8,89	22,07	0,37	108,81	0,02	0,70	0,45
T3	5-6	Tersier	432	12,79	24,00	36,79	0,61	77,39	0,04	0,71	0,58
T4	11-13	Tersier	256	13,92	14,22	28,14	0,47	92,52	0,03	0,71	0,59
T5	12-13	Tersier	160	3,61	8,89	12,50	0,21	158,94	0,001	0,80	0,05
T6	8-10	Tersier	304	10,58	16,89	27,47	0,46	94,03	0,01	0,71	0,26
T7	7-10	Tersier	184	10,58	10,22	20,80	0,35	113,17	0,01	0,71	0,30
T8	17-24	Tersier	120	3,61	6,67	10,28	0,17	181,10	0,001	0,80	0,04
T9	22-24	Tersier	384	11,52	21,33	32,85	0,55	83,45	0,04	0,71	0,62
T10	23-21	Tersier	320	9,53	17,78	27,31	0,46	94,39	0,02	0,71	0,34
S1	2-6	Sekunder	200	33,18	6,67	39,84	0,66	73,38	0,07	0,80	1,14
S2	6-14	Sekunder	280	39,84	9,33	49,18	0,82	63,77	0,11	0,70	1,35
S3	13-14	Sekunder	256	28,14	8,53	36,68	0,61	77,54	0,03	0,80	0,58
S4	10-15	Sekunder	200	27,47	6,67	34,14	0,57	81,35	0,03	0,80	0,50
S5	24-21	Sekunder	88	32,85	2,93	35,79	0,60	78,83	0,04	0,80	0,68
S6	21-18	Sekunder	240	0,60	8,00	8,60	0,14	203,99	0,06	0,71	2,29
P1	14-15	Primer	48	49,18	0,80	49,98	0,83	63,09	0,14	0,80	1,99
P2	15-16	Primer	264	49,98	4,40	54,38	0,91	59,64	0,17	0,71	1,99
P3 gorong	16-18	Primer	48	54,38	0,80	55,18	0,92	59,06	0,17	0,80	2,23
P4 inflow	18-27	Primer	160	55,18	2,67	57,84	0,96	57,23	0,23	0,80	2,88
T11	25-26	Tersier	240	17,67	13,33	31,01	0,52	86,73	0,05	0,70	0,79

Sumber : Hasil Perhitungan



Dengan menggunakan brosur profil U-ditch dari BEP  
*Precast and Prestress Concrete.*

Tabel 4. 18 Nilai Debit Hidrolika dan Perbandingan dengan Debit  
Hidrologi untuk Periode Ulang 10 tahun

nama saluran	titik	jenis saluran	Q hidrologi	s	Profil U-ditch		Q hidrolika	Keterangan aman/luber
			m <sup>3</sup> /s		b (mm)	h (mm)	m <sup>3</sup> /s	
T1	1-2	Tersier	0,37	0,0010	600	700	0,38	Aman
T2	3-2	Tersier	0,45	0,0010	600	800	0,45	Aman
S1	2-6	Sekunder	1,14	0,0020	600	1500	1,15	Aman
T3	5-6	Tersier	0,58	0,0010	600	1200	0,66	Aman
S2	6-14	Sekunder	1,35	0,0050	600	1500	1,82	Aman
T4	11-13	Tersier	0,59	0,0010	600	1200	0,66	Aman
T5	12-13	Tersier	0,05	0,0010	600	1200	0,66	Aman
S3	13-14	Sekunder	0,58	0,0010	600	1200	0,66	Aman
P1	14-15	Primer	1,99	0,0100	600	1500	2,58	Aman
T6	8-10	Tersier	0,26	0,0010	500	700	0,3	Aman
T7	7-10	Tersier	0,30	0,0010	500	700	0,3	Aman
S4	10-15	Sekunder	0,50	0,0010	600	1200	0,66	Aman
P2	15-16	Primer	1,99	0,0100	600	1500	2,58	Aman
P3 gorong	16-18	Primer	2,23	0,0050	1200	1200	2,23	Aman
T8	17-24	Tersier	0,04	0,0010	300	400	0,06	Aman
T9	22-24	Tersier	0,62	0,0010	600	1200	0,66	Aman
S5	24-21	Sekunder	0,68	0,0020	600	1200	0,94	Aman
T10	23-21	Tersier	0,34	0,0010	600	700	0,38	Aman
S6	21-18	Sekunder	2,29	0,0100	600	1500	2,58	Aman
P4 inflow	18-27	Primer	2,88	0,0100	800	1500	2,9	Aman
T11	25-26	Tersier	0,79	0,0010	600	1500	0,81	Aman

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.3.3. Perencanaan Gorong-gorong

Gorong-gorong direncanakan pada saluran P3 titik 16-18 dengan data saluran sebagai berikut :

$$Q = 2,23 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$I = 0,005$$

$$h_{\text{tot}} = 1,5 \text{ m}$$

Sedangkan jalan di atas gorong-gorong tersebut memiliki data sebagai berikut :

Lebar jalan = 20 meter

Elevasi muka jalan = +2 m dari tinggi muka air saluran

- Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong

Panjang gorong-gorong,  $L = 20$  meter, maka tergolong gorong-gorong panjang.

Gorong-gorong didesain dengan aliran tertutup dan menggunakan box culvert type BC 1000 dengan ukuran  $1200 \times 1200$ . Brosur box culvert terlampir

$$A = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{2,23}{1,44} = 1,55 \text{ m/detik}$$

$$P = 2 \cdot (1,2 + 1,2) = 4,8 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1,44}{4,8} = 0,3 \text{ m}$$

- Kehilangan Energi Gorong-Gorong

Besarnya kehilangan energi untuk gorong-gorong segiempat adalah :

$$Z = \left( 1 + a + \lambda \frac{S \times L}{4 \times A} \right) \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$Z$  = kehilangan energi pada gorong-gorong (m)

$A$  = luas penampang basah gorong-gorong ( $\text{m}^2$ )

$L$  = panjang gorong-gorong (m)

$S$  = keliling basah gorong-gorong (m)

$g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/detik}^2$

$V$  = kecepatan di gorong-gorong (m/detik)

$a = 0,5$

$\alpha = 1,5$

Sedangkan  $\lambda$  dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$\lambda = \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{A/T} \right) \alpha$$

$$\lambda = \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{1,44}\right)1,5$$

$$\lambda = 0,0303$$

Sehingga nilai kehilangan energi (Z) pada gorong-gorong sebesar :

$$Z = \left(1 + 0,5 + 0,0303 \frac{96}{4 \times 1,44}\right) \frac{1,55^2}{2 \times 9,81}$$

$$Z = 0,25 \text{ m}$$

#### 4.4. Perhitungan Dimensi *Boezem*, Pompa, dan Pintu

Dari perhitungan debit banjir dengan metode Rasional diatas, didapat debit banjir  $Q = 9,42 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Dari debit banjir tersebut dapat dihitung dimensi *Boezem*, jumlah pompa, dan jumlah pintu beserta sistem pengoperasian pompa dan pintu untuk debit yang keluar dari *Boezem*.

##### 4.4.1. Perhitungan Dimensi *Boezem*

Perhitungan dimensi *boezem* didapat dari menggunakan rumus rasional :

$$V = C. R. A$$

Dimana :

V = Volume limpasan total ( $\text{m}^3$ )

C = Koefisien Pengaliran

R = Rmax, hujan maksimal dalam 24 jam

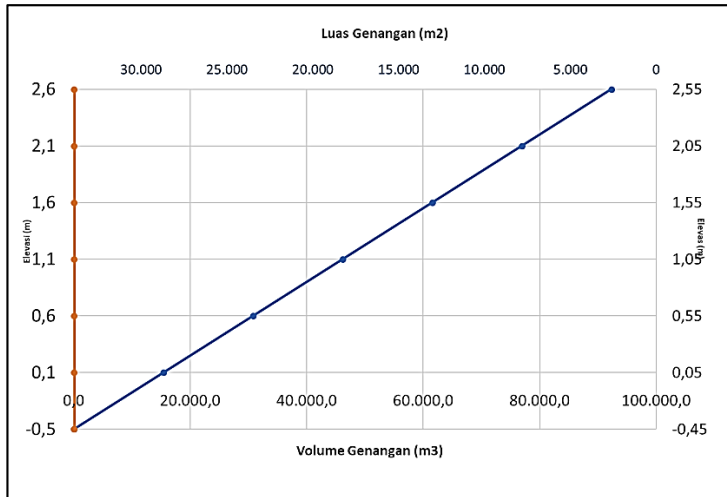
A = *Catchment Area* ( $\text{km}^2$ )

Karena sub DAS Kali Kandangan dibagi, maka volume limpasannya dijumlahkan.

$$\begin{aligned} V_{\text{atas}} &= C. R. A = 0,56. (161,107/1000). (0,972. 10^6) \\ &= 87.342 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{bawah}} &= C. R. A = 0,6. (161,107/1000). (0,051. 10^6) \\ &= 4.944 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{atas}} + V_{\text{bawah}} = 92.286 \text{ m}^3$$



*Sumber : Hasil Perhitungan*

Gambar 4. 6 Double Mass Curve Boezem R10

#### 4.4.2. Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Untuk menghitung *flood routing*, harus menghitung hubungan antara elevasi, tinggi air, dan tampungan *boezem*. Direncanakan :

$$\Delta t = 15 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} = 900/1000 = 0,9 \text{ detik}$$

Dengan debit inflow sesuai dengan tabel 4.17 dengan superposisi.  $T_d = 4 \text{ jam} = 240 \text{ menit}$

Tabel 4. 19 Debit Inflow Boezem

Saluran P4		saluran T11	
T (menit)	Q (m3/detik)	T (menit)	Q (m3/detik)
0	0	0	0
57,84	2,88	31,01	0,79
297,84	2,88	271,01	0,79
355,69	0	302,01	0

*Sumber : Hasil Perhitungan*

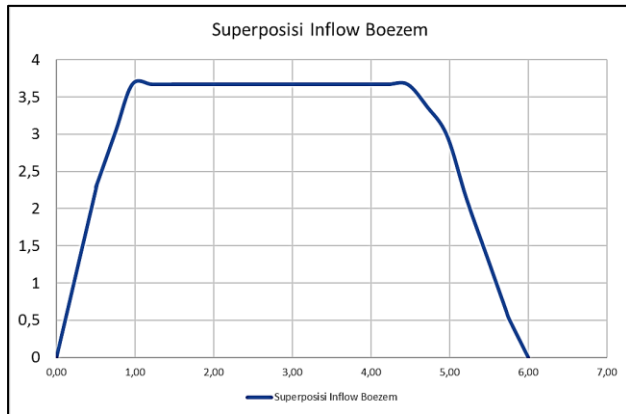
Tabel 4. 20 Superposisi Debit Inflow *Boezem*

Saluran P4		saluran T11		Superposisi		
t (menit)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	t (menit)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	t (menit)	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)
0	0	0	0	0	0	0,00
31,01	1,543	31,01	0,79	31,01	0,517	2,34
57,84	2,88	57,84	0,79	57,84	0,96	3,67
271,01	2,88	271,01	0,79	271,01	4,517	3,67
297,84	2,88	297,84	0,107	297,84	4,964	2,98
302,01	2,671	302,01	0	302,01	5,0335	2,67
355,69	0	355,69	0	355,69	5,928	0,00

Tabel 4. 21 Hidrograf Inflow Td = 4 jam  $\Delta t = 0,25$  jam

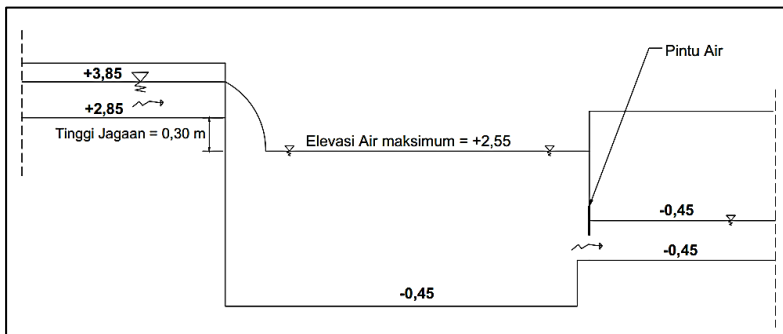
Superposisi			
t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)	t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
0,00	0,00	3,21	3,67
0,25	1,13	3,46	3,67
0,52	2,34	3,71	3,67
0,50	2,29	3,96	3,67
0,75	3,03	4,21	3,67
0,96	3,67	4,46	3,67
1,21	3,67	4,71	3,37
1,46	3,67	4,96	2,98
1,71	3,67	5,21	2,13
1,96	3,67	5,46	1,39
2,21	3,67	5,71	0,64
2,46	3,67	5,75	0,53
2,71	3,67	5,93	0,00
2,96	3,67	6,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan



*Sumber : Hasil Perhitungan*

Gambar 4. 7 Hidrograf Superposisi Debit Inflow *Boezem*



Gambar 4. 8 *Cross Section Boezem*, Inflow dan Outflow

Tabel 4. 22 Data Volume *Boezem* R10

Elevasi (m)	H (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
-0,45	0,0	30762	0,00
0,05	0,5	30762	15381,02
0,55	1,0	30762	30762,03
1,05	1,5	30762	46143,05
1,55	2,0	30762	61524,06
2,05	2,5	30762	76905,08
2,55	3,0	30762	92286,09

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4. 23 Volume *Boezem* di atas pintu (R10)

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas rata (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume Kom (m <sup>3</sup> )
-0,45	0,0	30762			0
0,05	0,5	30762	30762,031	15381,015	15381,015
0,55	1,0	30762	30762,031	15381,015	30762,031
1,05	1,5	30762	30762,031	15381,015	46143,046
1,55	2,0	30762	30762,031	15381,015	61524,061
2,05	2,5	30762	30762,031	15381,015	76905,076
2,55	3,0	30762	30762,031	15381,015	92286,092

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4. 24 Data Hubungan antara Elevasi muka air, tampungan, dan debit keluar (R10)

Elevasi (m)	H (m)	tampungan (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	debit ouflow (m <sup>3</sup> /dt)
-0,45	0,0	0,000	0
0,05	0,5	15,381	0
0,55	1,0	30,762	1,05
1,05	1,5	46,143	1,05
1,55	2,0	61,524	1,05
2,05	2,5	76,905	1,05
2,55	3,0	92,286	1,05

*Sumber : Hasil Perhitungan*

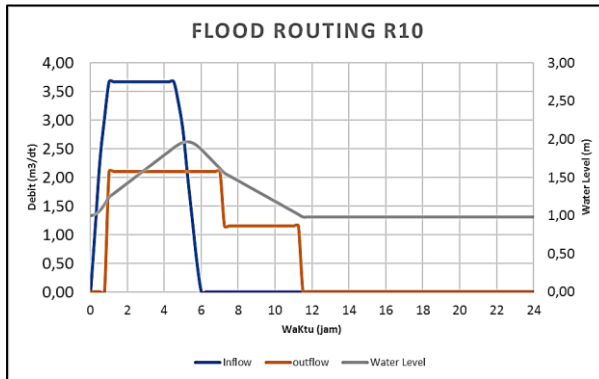
Tabel 4. 25 Hubungan antara Elevasi, Debit, dan  $S + \frac{\Delta t \cdot Q}{2}$  (R10)

Elevasi	debit ouflow	$S + \frac{\Delta t \cdot Q}{2}$
(m)	(m <sup>3</sup> /dt)	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
-0,45	0	0
0,05	0	15,381
0,55	1,05	31,235
1,05	1,05	46,616
1,55	1,05	61,997
2,05	1,05	77,378
2,55	1,05	92,759

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Menurut hasil *routing* yang tercantum pada lampiran, berikut grafik dari *routing* menggunakan R10 dengan debit keluar menggunakan pompa 1,05 m<sup>3</sup>/detik.



Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 4. 9 Grafik *Flood Routing* R10

#### 4.4.3. Perhitungan Pompa Air

Dari hasil *routing*, dengan merencanakan jumlah pompa yang digunakan, pompa yang dibutuhkan untuk operasional *boezem* sebanyak 2 pompa. Dengan volume mati *boezem* = 30.762 m<sup>3</sup> dengan H = 1,00 meter

Tabel 4. 26 Jam dan Jumlah Pompa yang digunakan untuk R10

Rentang Waktu (jam)	Jumlah Pompa yang aktif
0.00 – 1.00	0
1.00 – 7.00	2
7.00 – 11.15	1
11.15 – 24.00	0

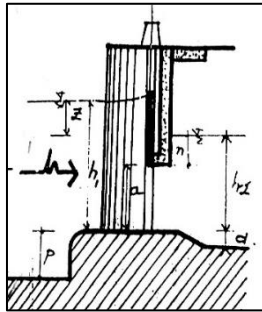
Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4.4. Perhitungan Pintu Air

Pada perhitungan pintu, menggunakan dua tipe pintu outflow, yaitu Aliran Tenggelam dan Aliran Tak Tenggelam, seperti pada rumus 2.26 dan 2.27, yaitu :

- Aliran Tenggelam :

$$Q = \mu . b . a \sqrt{2gH}$$

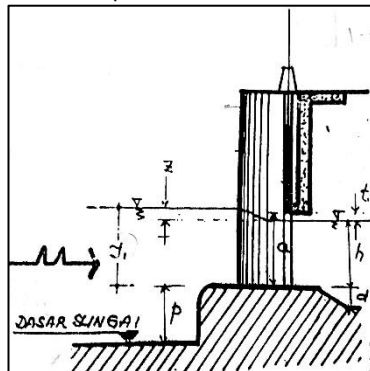


Sumber : Ir. Soekibat Roedy S., *Sistim dan Bangunan Irigasi*

Gambar 4. 10 Pintu dengan Aliran Tenggelam

- Aliran Tak Tenggelam

$$Q = \mu . b . a \sqrt{2g(y_1)}$$



Sumber : Ir. Soekibat Roedy S., *Sistim dan Bangunan Irigasi*

Gambar 4. 11 Pintu dengan Aliran Tak Tenggelam

Dimana :

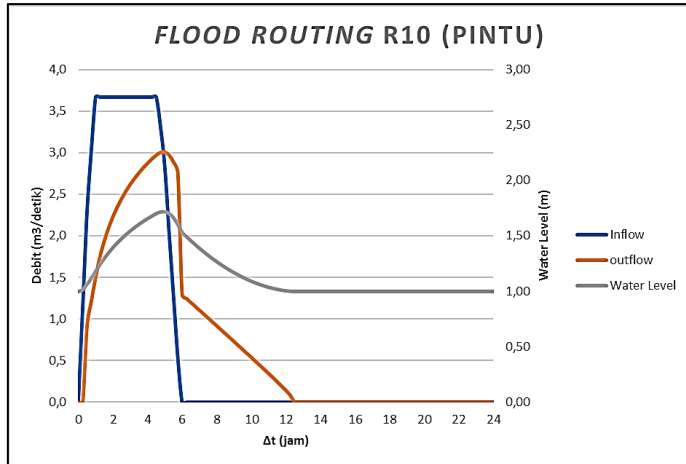
- $p$  = Invert : 1,00 meter  
 $a$  = Bukaan Pintu air : 0,50 meter  
 $b$  = Lebar pintu : 1,00 meter  
 $\mu$  = koefisien debit : 0,8  
 $g$  = percepatan gravitasi :  $9,81 \text{ m/s}^2$

Dalam hasil *routing* pada lampiran dengan menggunakan aliran tenggelam pintu sebagai debit keluar, diperlukan 2 (dua) buah pintu untuk mengeluarkan air sampai  $H_{\text{air}}$  sama dengan  $H_{\text{min}}$ , yaitu 1,00 meter dengan volume mati *boezem* =  $30.762 \text{ m}^3$

Tabel 4. 27 Rentang Waktu dan Jumlah Pintu yang beroperasi untuk R10

Rentang Waktu (jam)	Jumlah Pintu yang Beroperasi
0.00 – 0.30	0
0.50 – 5.45	2
5.45 – 12.15	1
10.00 – 24.00	0

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Sumber : Hasil Perhitungan

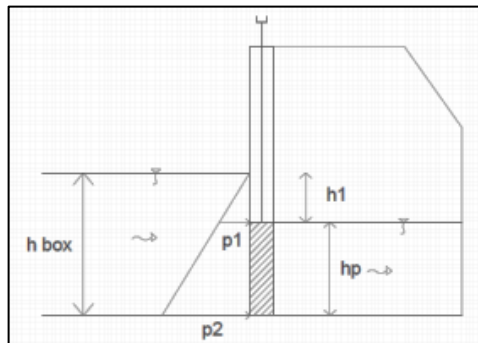
Gambar 4. 12 *Flood Routing Boezem* dengan Pintu sebagai Outflow

Selain pintu, juga direncanakan tebal pelat pintu dan dimensi stang pintu.

a = 0,50 meter (bukaan pintu)

b = 1,00 meter (lebar pintu)

hp = 0,60 meter (tinggi daun pintu)



Gambar 4. 13 Perencanaan Pintu R10

- Gaya hidrostatik akibat tekanan air

$$h_{\text{air}} = 1,72 - \text{invert} = 1,72 - 1,0 = 0,72 \text{ m}$$

$$h_p = 0,60 \text{ m}$$

$$h_1 = h_{\text{air}} - h_p = 0,72 - 0,60 = 0,12 \text{ m}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$P_1 = \gamma_w (h_1) = 0,12 \text{ ton/m}^2$$

$$P_2 = \gamma_w (h_{\text{air}}) = 0,72 \text{ ton/m}^2$$

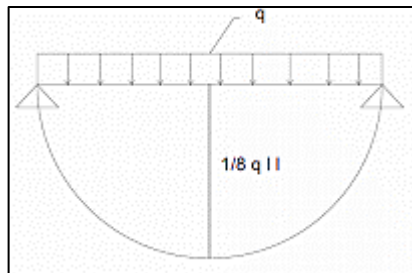
q (beban merata yang bekerja)

$$q = \frac{P_1 + P_2}{2} h_p = \frac{0,12 + 0,72}{2} 0,60$$

$$= 0,252 \text{ ton/m}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} q b^2 = \frac{1}{8} 0,252 \cdot 1^2 = 0,0315 \text{ tm}$$

$$= 3147,4 \text{ kgcm}$$



Gambar 4. 14 Momen Maksimum pada Pintu

- Perencanaan Tebal Pelat

Direncanakan pintu baja menggunakan BJ37,

$$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{tebal pelat rencana, } \sigma = \frac{M_{\text{max}}}{w}$$

$$\frac{3147,4}{\frac{1}{6} b t^2} \leq 1600$$

$$\frac{3147,4}{\frac{1}{6} 100 t^2} = 1600 \rightarrow t = 0,34 \text{ cm}$$

Tebal pelat yang dipakai = 0,4 cm

Kontrol tebal pelat terhadap lendutan :

Lendutan ijin :

$$\bar{f} = \frac{L}{360} = \frac{100}{360} = 0,278$$

Lendutan yang terjadi :

$$f = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I} = 0,039$$

→  $\bar{f} > f$ , aman

- Perencanaan Stang Pintu

$$b_{\text{pintu}} = 1,00 \text{ m}$$

$$h_{\text{pintu}} = 0,60 \text{ m}$$

$$t_{\text{pintu}} = 0,5 \text{ cm}$$

- Pembebanan

Berat sendiri :

$$\text{Berat pintu (g)} = b \times h \times t \times 7850 = 23,6 \text{ kg}$$

$$\text{Sambungan} = 25\% \times g = 5,9 \text{ kg}$$

$$W = 29,44 \text{ kg}$$

Akibat tekanan air

$$H_a = 0,5 \cdot \gamma_w \cdot h_p \cdot (2h_{\text{air}} - h_p) \cdot b$$

$$= 0,252 \text{ ton} = 251,8 \text{ kg}$$

Akibat gaya gesek dengan air

$$G = f \cdot (H_a) = 0,4 \cdot (251,8) = 100,72 \text{ kg}$$

- Pada saat pintu dinaikkan

$$\text{Total Berat (Str)} = W + G = 130,15 \text{ kg} (\downarrow)$$

Direncanakan stang dari baja dengan mutu

BJ37,  $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$\text{Str} = A \cdot \sigma \rightarrow 130,15 = A \cdot 1600$

$A = 0,081 \text{ cm}^2$

$D_1 = 0,32 \text{ cm} < D_{\min} \text{ stang} = 7 \text{ cm}$

Diameter yang dipakai = 7 cm

- Pada saat pintu diturunkan

Direncanakan panjang stang (L)

$L = H_{\text{tot}} - H_p + 0,6 = 2,0 - 0,6 + 0,6 = 2,00 \text{ m}$

$\text{Str} = W - G = -71,28 \text{ kg} = 71,28 \text{ kg}$

Karena nilai  $\text{Str} = -$  (minus), maka :

$$\text{Str} = \frac{\pi^2 E I}{(Lk)^2} = \frac{1015847 D^4}{20000}$$

$$\frac{71,28 \cdot (20000)}{1015847} = D^4$$

$D_2 = 1,1 \text{ cm} < D_{\min} \text{ stang} = 7 \text{ cm}$

Diameter yang dipakai = 7 cm

#### 4.4.5. Pengoperasian *Boezem*

Sistem pengeoperasian *Boezem* dilakukan berdasarkan elevasi hilir di outflow menuju sungai lebih tinggi atau lebih rendah. Jika Elevasi hilir lebih rendah daripada elevasi *boezem*, maka air dialirkan secara gravitasi menggunakan pintu. Elevasi Muka Air maksimum = +2,55 m dengan tinggi jagaan 0,3 m

Tabel 4. 28 Pengoperasian *Boezem* R10 dengan Pompa

No	Elevasi Air			Jumlah Pompa Aktif
1	+0,05	-	+0,79	0
2	+0,79	-	+1,17	2
3	+1,17	-	+0,57	1
4	< +0,55			0

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4. 29 Pengoperasian *Boezem* R10 dengan Pintu

No	Elevasi Air			Jumlah Pintu Dibuka
1	+0,05	-	+0,62	0
2	+0,62	-	+1,16	2
3	+1,16	-	+0,55	1
4	< +0,55			0

*Sumber : Hasil Perhitungan*



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Hasil perhitungan yang telah dilakukan mulai dari analisa hidrologi, perencanaan dimensi *boezem*, pompa dan pintu air, sampai penelusuran banjir, dapat disimpulkan hasil akhir sebagai berikut :

1. Debit Banjir Rencana Sub DAS Kali Kandangan sebesar  $9,42 \text{ m}^3/\text{detik}$
2. Dimensi *boezem* :  
 $A \text{ (luas)} = 30.762 \text{ m}^2$   
 $H \text{ (kedalaman)} = 3 \text{ meter}$   
 Pompa yang dibutuhkan sebanyak 2 pompa dengan kapasitas masing-masing  $1,05 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 Pintu air dari baja untuk pembuangan secara gravitasi sebanyak 2 buah, dengan dimensi :  
 $b \text{ (lebar pintu)} = 1 \text{ meter}$   
 $h \text{ (tinggi pintu)} = 0,6 \text{ meter}$   
 $t \text{ (tebal pintu)} = 0,5 \text{ cm}$
3. Dalam pengoperasian *boezem*, apabila elevasi air hilir pembuangan lebih tinggi, maka menggunakan pompa air untuk pembuangan. Apabila elevasi air di hilir pembuangan lebih rendah, air akan dibuang secara gravitasi melalui pintu air.

Tabel 5. 1 Pengoperasian Pompa

No	Elevasi Air			Jumlah Pompa Aktif
1	+0,05	-	+0,79	0
2	+0,79	-	+1,17	2
3	+1,17	-	+0,57	1
4	< +0,55			0

Tabel 5. 2 Pengoperasian Pintu Air

No	Elevasi Air			Jumlah Pintu Dibuka
1	+0,05	-	+0,62	0
2	+0,62	-	+1,16	2
3	+1,16	-	+0,55	1
4	< +0,55			0

## 5.2. Saran

Dalam perencanaan bangunan air terdapat banyak hal yang harus diperhatikan. Sebagai contoh adalah :

1. Pemilihan data hujan yang cukup akan menghindari terjadinya kesalahan analisis distribusi persebaran data.
2. Perlunya ada perawatan berkala untuk *boezem* dan pompa air, agar sistem pembuangan dapat berjalan lancar.
3. Adanya peninjauan teknis terhadap operator pintu dan pompa agar sistem berjalan optimal
4. Pemilihan lokasi bangunan dan spesifikasi perencanaan juga harus diperhatikan dalam sebuah perencanaan guna menghasilkan desain yang optimal

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji. 2010. **Rekayasa Sumber Daya Air**. Surabaya: ITS Press
- Chow, Ven Te. 1989. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Jakarta: Erlangga
- Martono, Satya. 2007. **Evaluasi Kinerja Busem Wonorejo**. Surabaya, Tugas Akhir Teknik Sipil FTSP ITS
- Pekerjaan Umum, Dirjen. 1986. **Kriteria Perencanaan 02 – Bangunan Utama**. PU
- Saud, Ismail. 2007. **Jurnal Kajian Penanggulangan Banjir di Wilayah Surabaya Barat**. Surabaya
- Soemarto, CD, 1987. **Hidrologi Teknik**. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional
- Sofia, Fifi dan, Sofyan Rasyid. 2002. **Modul Ajar Drainase**. Surabaya: ITS Press
- Thioritz, Stevy, 2009. **Metode Pendekatan Penelusuran Banjir**. Makassar: Universitas Atmajaya
- Triatmojo, Bambang, 2016. **Teknik Pantai**. Yogyakarta: Beta Offset

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





## LAMPIRAN

### *Lampiran 1 Hidrograf Rasional Superposisi*

Superposisi		Superposisi	
t (jam)	Q (m3/detik)	t (jam)	Q (m3/detik)
0	0	6,5	0
0,25	1,130	6,75	0
0,5	2,285	7	0
0,75	3,032	7,25	0
1	3,671	7,5	0
1,25	3,671	7,75	0
1,5	3,671	8	0
1,75	3,671	8,25	0
2	3,671	8,5	0
2,25	3,671	8,75	0
2,5	3,671	9	0
2,75	3,671	9,25	0
3	3,671	9,5	0
3,25	3,671	9,75	0
3,5	3,671	10	0
3,75	3,671	10,25	0
4	3,671	10,5	0
4,25	3,671	10,75	0
4,5	3,671	11	0
4,75	3,313	11,25	0
5	2,822	11,5	0
5,25	2,024	11,75	0
5,5	1,278	12	0
5,75	0,532	12,25	0
6	0,000		
6,25	0		



6,5	0
6,75	0
12,75	0
13	0
13,25	0
13,5	0
13,75	0
14	0
14,25	0
14,5	0
14,75	0
15	0
15,25	0
15,5	0
15,75	0
16	0
16,25	0
16,5	0
16,75	0
17	0
17,25	0
17,5	0
17,75	0
18	0
18,25	0
18,5	0
18,75	0
19	0
19,25	0

6,5	0
6,75	0
19,75	0
20	0
20,25	0
20,5	0
20,75	0
21	0
21,25	0
21,5	0
21,75	0
22	0
22,25	0
22,5	0
22,75	0
23	0
23,25	0
23,5	0
23,75	0
24	0

*Lampiran 2 Perencanaan Elevasi Saluran*

nama saluran	titik	jenis saluran	L sal (m)	S rencana	Elevasi air hilir	Elevasi air hulu	H air	Elevasi dasar saluran hilir	Elevasi dasar saluran hulu
							m		
T1	1-2	Tersier	360	0,001	9,43	9,79	0,70	8,73	9,086
T2	3-2	Tersier	160	0,001	9,43	9,59	0,70	8,73	8,886
S1	2-6	Sekunder	200	0,002	9,03	9,43	0,90	8,13	8,526
T3	5-6	Tersier	432	0,001	9,03	9,46	0,75	8,28	8,708
S2	6-14	Sekunder	280	0,005	7,63	9,03	0,95	6,68	8,076
T4	11-13	Tersier	256	0,001	7,88	8,14	0,75	7,13	7,388
T5	12-13	Tersier	160	0,001	7,88	8,04	0,75	7,13	7,292
S3	13-14	Sekunder	256	0,001	7,63	7,88	0,85	6,78	7,032
P1	14-15	Primer	48	0,002	7,53	7,63	1,05	6,48	6,576
T6	8-10	Tersier	304	0,001	7,73	8,03	0,60	7,13	7,434
T7	7-10	Tersier	184	0,001	7,73	7,91	0,70	7,03	7,214
S4	10-15	Sekunder	200	0,001	7,53	7,73	0,70	6,83	7,03

P2	15-16	Primer	264	0,01	4,89	7,53	1,05	3,84	6,48
P3 gorong	16-18	Primer	48	0,005	4,65	4,89	1,05	3,60	3,84
T8	17-24	Tersier	120	0,001	5,07	5,19	0,75	4,32	4,436
T9	22-24	Tersier	384	0,001	5,07	5,45	0,80	4,27	4,65
S5	24-21	Sekunder	88	0,002	4,89	5,07	0,75	4,14	4,316
T10	23-21	Tersier	320	0,001	4,89	5,21	0,65	4,24	4,56
S6	21-18	Sekunder	240	0,001	4,65	4,89	0,75	3,90	4,14
P4 inflow	18-27	Primer	160	0,005	3,85	4,65	1,05	2,85	3,65
T11	25-26	Tersier	240	0,001	3,65	3,89	0,75	2,85	3,09

*Lampiran 3 Flood Routing dengan Pompa sebagai Outflow*

Waktu	QInflow	I	I . $\Delta t$	Qoutflow	Q . $\Delta t$	S	H
jam	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m
1	2	3	4	7	8	5	6
0	0,00			0,00	0,00	30,76	1,00
0,25	1,13	0,56	0,51	0,00	0,00	31,27	1,02
0,5	2,29	1,71	1,54	0,00	0,00	32,81	1,07
0,75	3,03	2,66	2,39	0,00	0,00	35,20	1,14
1	3,67	3,35	3,02	2,10	1,89	38,22	1,24
1,25	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	39,63	1,29
1,5	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	41,04	1,33
1,75	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	42,46	1,38
2	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	43,87	1,43
2,25	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	45,28	1,47
2,5	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	46,70	1,52
2,75	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	48,11	1,56
3	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	49,53	1,61
3,25	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	50,94	1,66
3,5	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	52,35	1,70
3,75	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	53,77	1,75
4	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	55,18	1,79
4,25	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	56,59	1,84
4,5	3,67	3,67	3,30	2,10	1,89	58,01	1,89
4,75	3,31	3,49	3,14	2,10	1,89	59,26	1,93
5	2,82	3,07	2,76	2,10	1,89	60,13	1,95
5,25	2,02	2,42	2,18	2,10	1,89	60,42	1,96
5,5	1,28	1,65	1,49	2,10	1,89	60,02	1,95
5,75	0,53	0,91	0,81	2,10	1,89	58,94	1,92





[illegible]

*Lampiran 4 Flood Routing dengan Pintu sebagai Outflow*

Waktu	QInflow	I	I . $\Delta t$	S	H	Qpintu	Q . $\Delta t$
jam	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
0	0,00			30,76	1,00	0,00	0,00
0,25	1,13	0,56	0,51	31,27	1,02	0,00	0,00
0,5	2,29	1,71	1,54	32,81	1,07	0,91	0,82
0,75	3,03	2,66	2,39	34,38	1,12	1,21	1,09
1	3,67	3,35	3,02	36,30	1,18	1,50	1,35
1,25	3,67	3,67	3,30	38,25	1,24	1,75	1,57
1,5	3,67	3,67	3,30	39,98	1,30	1,94	1,75
1,75	3,67	3,67	3,30	41,54	1,35	2,10	1,89
2	3,67	3,67	3,30	42,95	1,40	2,23	2,01
2,25	3,67	3,67	3,30	44,25	1,44	2,35	2,11
2,5	3,67	3,67	3,30	45,44	1,48	2,45	2,20
2,75	3,67	3,67	3,30	46,54	1,51	2,54	2,28
3	3,67	3,67	3,30	47,56	1,55	2,62	2,36
3,25	3,67	3,67	3,30	48,51	1,58	2,69	2,42
3,5	3,67	3,67	3,30	49,39	1,61	2,76	2,48
3,75	3,67	3,67	3,30	50,21	1,63	2,82	2,54
4	3,67	3,67	3,30	50,98	1,66	2,87	2,59
4,25	3,67	3,67	3,30	51,70	1,68	2,92	2,63
4,5	3,67	3,67	3,30	52,37	1,70	2,97	2,67
4,75	3,31	3,49	3,14	52,84	1,72	3,00	2,70
5	2,82	3,07	2,76	52,90	1,72	3,01	2,71
5,25	2,02	2,42	2,18	52,38	1,70	2,97	2,67
5,5	1,28	1,65	1,49	51,19	1,66	2,89	2,60
5,75	0,53	0,91	0,81	49,40	1,61	2,76	2,48
6	0,00	0,27	0,24	47,16	1,53	1,29	1,16




Waktu	QInflow	I	I . $\Delta t$	S	H	Qpintu	Q . $\Delta t$
jam	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
6,25	0,00	0,00	0,00	46,00	1,50	1,25	1,12
6,5	0,00	0,00	0,00	44,87	1,46	1,20	1,08
6,75	0,00	0,00	0,00	43,79	1,42	1,15	1,04
7	0,00	0,00	0,00	42,76	1,39	1,11	1,00
7,25	0,00	0,00	0,00	41,76	1,36	1,06	0,95
7,5	0,00	0,00	0,00	40,81	1,33	1,01	0,91
7,75	0,00	0,00	0,00	39,90	1,30	0,97	0,87
8	0,00	0,00	0,00	39,03	1,27	0,92	0,83
8,25	0,00	0,00	0,00	38,20	1,24	0,87	0,78
8,5	0,00	0,00	0,00	37,42	1,22	0,82	0,74
8,75	0,00	0,00	0,00	36,67	1,19	0,78	0,70
9	0,00	0,00	0,00	35,98	1,17	0,73	0,66
9,25	0,00	0,00	0,00	35,32	1,15	0,68	0,61
9,5	0,00	0,00	0,00	34,71	1,13	0,63	0,57
9,75	0,00	0,00	0,00	34,13	1,11	0,59	0,53
10	0,00	0,00	0,00	33,61	1,09	0,54	0,48
10,25	0,00	0,00	0,00	33,12	1,08	0,49	0,44
10,5	0,00	0,00	0,00	32,68	1,06	0,44	0,40
10,75	0,00	0,00	0,00	32,28	1,05	0,39	0,35
11	0,00	0,00	0,00	31,93	1,04	0,34	0,31
11,25	0,00	0,00	0,00	31,62	1,03	0,30	0,27
11,5	0,00	0,00	0,00	31,35	1,02	0,25	0,22
11,75	0,00	0,00	0,00	31,13	1,01	0,19	0,17
12	0,00	0,00	0,00	30,96	1,01	0,14	0,13
12,25	0,00	0,00	0,00	30,83	1,00	0,08	0,07
12,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00

Waktu	QInflow	I	I . $\Delta t$	S	H	Qpintu	Q . $\Delta t$
jam	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
12,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
13,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
13,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
13,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
14,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
14,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
14,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
15,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
15,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
15,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
16,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
16,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
16,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
17,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
17,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
17,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
18,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
18,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
18,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00


Waktu	QInflow	I	I . $\Delta t$	S	H	Qpintu	Q . $\Delta t$
jam	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
19	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
19,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
19,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
19,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
20,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
20,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
20,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
21,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
21,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
21,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
22,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
22,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
22,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
23,25	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
23,5	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
23,75	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	30,75	1,00	0,00	0,00

	pakai 2 pintui
	pakai 1 pintu

## Lampiran 5 Brosur Saluran Drainase Profil U-ditch



**BEP**  
 PRECAST AND PRESTRESS CONCRETE

23



**Spesifikasi Produk:**

Ukuran	Berdasarkan Tipe
Berat	300x400=217 kg/bh, 400x600=389 kg/bh
	500x600=408 kg/bh, 500x700=451 kg/bh
	600x700=501 kg/bh, 600x800=556 kg/bh
	600x1.200=804 kg/bh, 600x1.500=1.022 kg/bh
	800x900=792 kg/bh, 800x1.000=866 kg/bh
Mutu Beton	K-350
Permukaan	Beton Expose
Tulangan	Wire Mesh M4, M6 dan M7



Dengan menggunakan U-Ditch pekerjaan pemasangan saluran air kotor dapat diselesaikan dalam waktu yang singkat. U-Ditch memiliki daya lateral yang tinggi, mampu menahan beban dari tanah dan juga aliran air. U-Ditch dapat dipisahkan tutup dengan menggunakan Hollow Core Slab (HCS).

### Pembesian U-Ditch

No	Type axb	PEMBESIAN	
		TUL VERTIKAL	TUL HORIZONTAL
1	300x 400	Wire Mesh M6-200	Wire Mesh M4-200
2	400x 600	Wire Mesh M6-150	Wire Mesh M4-200
3	500x 600	Wire Mesh M6-150	Wire Mesh M6-150
4	500x 700	Wire Mesh M6-150	Wire Mesh M6-150
5	600x 700	Wire Mesh M6-150	Wire Mesh M6-150
6	600x 800	Wire Mesh M6-150	Wire Mesh M6-150
7	600x1200	Wire Mesh M7-150	Wire Mesh M6-150
8	600x1500	Wire Mesh M7-150	Wire Mesh M6-150
9	800x 900	Wire Mesh M7-150	Wire Mesh M7-150
10	800x1000	Wire Mesh M7-150	Wire Mesh M7-150

24

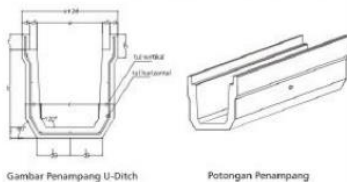
U-DITCH



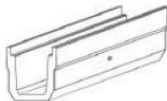
#### Ukuran dan Jenis U-Ditch Type Coakan

No	Type	a	b	c	d	d'	e	f	g	h	t	i	L
1	300x400	340	400	301,7	40	40	79,6	60	340	120	80	44,8	1200
2	400x600	400	600	350	60	40	90	80	450	180	80	60	1200
3	500x600	500	600	450	60	40	90	80	530	180	80	60	1200
4	500x700	500	700	440	60	40	95	80	530	180	80	65	1200
5	600x700	600	700	540	60	40	95	90	610	190	90	65	1200
6	600x800	600	800	530	60	40	100	90	610	190	90	70	1200
7	800x900	800	900	630	60	40	100	100	810	200	100	75	1200
8	800x1000	800	1000	620	60	40	100	100	810	200	100	80	1200

#### Spesifikasi Teknik Detail U-Ditch Type Coakan

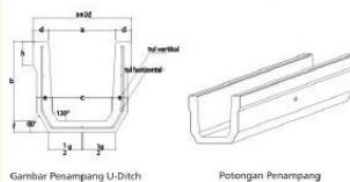


Gambar Penampang U-Ditch



Potongan Penampang

#### Spesifikasi Teknik Detail U-Ditch Type Tanpa Coakan



Gambar Penampang U-Ditch



Potongan Penampang

## Perhitungan Debit Saluran

No	Type a x b	1=1/100					1=1/200		1=1/500		1=1/1000		1=1/2000	
		A m <sup>2</sup>	S m	R m	V m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det	V m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det	V m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det	V m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det	V m <sup>3</sup> /det	Q m <sup>3</sup> /det
1	300x 400	0,13	1,06	0,12	2,05	0,27	1,45	0,19	0,92	0,12	0,65	0,09	0,46	0,06
2	400x 600	0,22	1,50	0,15	2,40	0,53	1,70	0,37	1,08	0,24	0,76	0,17	0,54	0,12
3	500x 600	0,28	1,60	0,18	2,73	0,76	1,93	0,54	1,22	0,34	0,86	0,24	0,61	0,17
4	500x 700	0,33	1,79	0,19	2,84	0,94	2,01	0,66	1,27	0,42	0,90	0,30	0,64	0,21
5	600x 700	0,40	1,84	0,21	3,04	1,22	2,15	0,86	1,36	0,54	0,96	0,38	0,68	0,27
6	600x 800	0,45	2,01	0,22	3,14	1,42	2,22	1,00	1,40	0,63	0,99	0,45	0,70	0,32
7	600x1200	0,65	2,84	0,229	3,23	2,10	2,28	1,48	1,44	0,94	1,02	0,66	0,72	0,47
8	600x1500	0,79	3,40	0,232	3,26	2,58	2,30	1,82	1,46	1,15	1,03	0,81	0,73	0,58
9	800x 900	0,63	2,38	0,265	3,56	2,46	2,52	1,74	1,59	1,10	1,23	0,85	0,80	0,55
10	800x1000	0,71	2,59	0,274	3,64	2,58	2,58	1,83	1,63	1,16	1,15	0,82	0,82	0,58

Catatan:

A = Luas penampang

S = Bagian permukaan saluran yang basah

R = Jari-jari hidrolik

V = Kecepatan aliran

Q = Debit aliran

I = Kemiringan

### Ukuran dan Jenis U-Ditch Type Tanpa Coakan

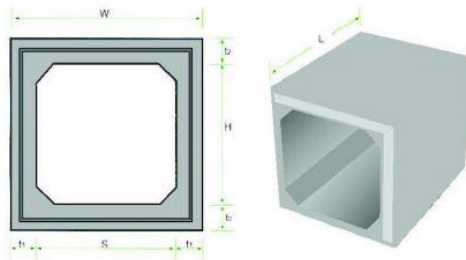
No	Type a x b	UKURAN									
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	L
1	300x 400	340	400	301,7	100	60	79,5	340	120	44,8	1200
2	400x 600	400	600	350	100	80	90	450	190	60	1200
3	500x 600	500	600	450	100	80	90	530	180	60	1200
4	500x 700	500	700	440	100	80	95	530	180	65	1200
5	600x 700	600	700	540	100	90	95	610	190	65	1200
6	600x 800	600	800	530	100	90	100	610	190	70	1200
7	600x1200	600	1200	491,64	100	90	119,18	610	190	70	1200
8	600x1500	800	1500	462,88	100	90	133,56	610	190	70	1200
9	800x 900	800	900	630	100	100	150	810	200	75	1200
10	800x1000	800	1000	620	100	100	155	810	200	75	1200

## Lampiran 6 Brosur Box Culvert untuk



### BOX CULVERT

ASTM C-789



TYPE	DIMENSION (mm)						Nominal Weight (Kg)
	S	H	t1	t2	W	L	
BC 600	600	600	95	95	790	1200	860
BC 800	800	800	110	110	1020	1200	1285
BC 1000	1000	1000	125	125	1250	1200	1760
BC 1200	1200	1200	142	142	1484	1200	2430
BC 1500	1500	1500	165	165	1784	1200	3600
BC 2000	2000	2000	210	210	2420	1200	5775

All dimensions are in millimetre (mm)  
Data is subject to change without notice

#### Notes:

1. All Box Culvert have a minimum concrete strength at 28 days of 350 kg/cm<sup>2</sup>
2. Box culverts are designed and manufactured to withstand load test requirement of ASTM C-789

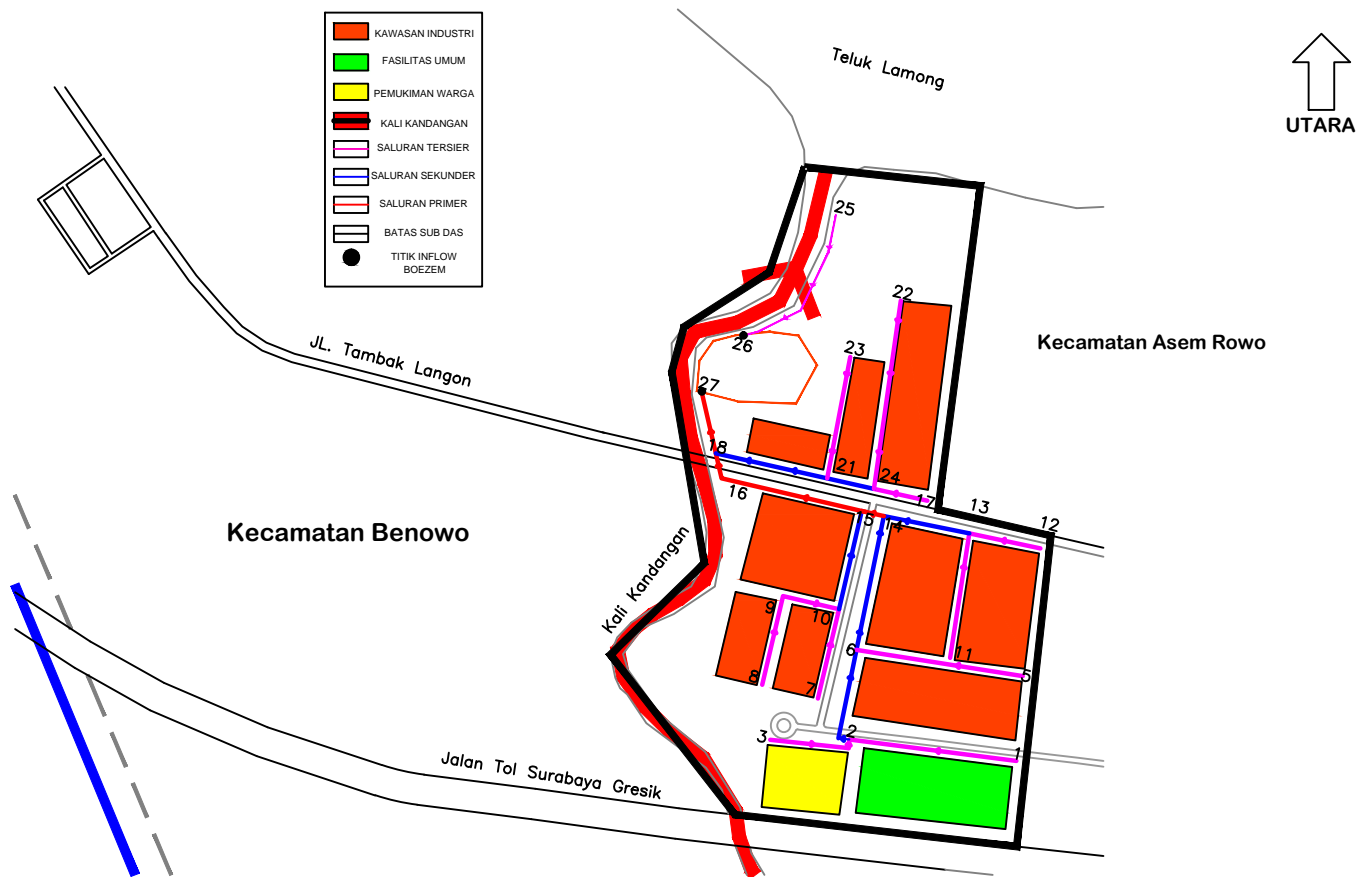





*Halaman ini sengaja dikosongkan*







 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN ITS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	NAMA MAHASISWA	SKALA GAMBAR	NO.	JUMLAH
	PERENCANAAN BOEZEM DAN POMPA DI MUARA KALI KANDANGAN SURABAYA BARAT	LAYOUT PERENCANAAN SALURAN INFLOW	HANDI FIRMANSYAH RAHMANANTA 3113100053	1 : 16000	1	12



T8 (17 - 24)	
120 m	L Saluran
0,001 km2	Catchment Area
0,80	C rata-rata
0,3 x 0,4	Dimensi Saluran
0,001	I saluran
+5,07	Elevasi muka air
+4,32	Elevasi Dasar Sal
0,65 m/dt	V saluran

T9 (22 - 24)	
384 m	L Saluran
0,040 km2	Catchment Area
0,71	C rata-rata
0,6 x 1,2	Dimensi Saluran
0,001	I saluran
+5,07	Elevasi muka air
+4,27	Elevasi Dasar Sal
0,65 m/dt	V saluran

S5 (24 - 21)	
88 m	L Saluran
0,040 km2	Catchment Area
0,80	C rata-rata
0,6 x 1,2	Dimensi Saluran
0,002	I saluran
+4,89	Elevasi muka air
+4,14	Elevasi Dasar Sal
1,44 m/dt	V saluran

T10 (23 - 21)	
320 m	L Saluran
0,020 km2	Catchment Area
0,71	C rata-rata
0,6 x 0,70	Dimensi Saluran
0,001	I saluran
+4,89	Elevasi muka air
+4,24	Elevasi Dasar Sal
0,96 m/dt	V saluran

T11 (25 - 26)	
240 m	L Saluran
0,050 km2	Catchment Area
0,70	C rata-rata
0,6 x 1,2	Dimensi Saluran
0,001	I saluran
+3,85	Elevasi muka air
+2,65	Elevasi Dasar Sal
1,02 m/dt	V saluran

P3 (16 - 18)	
48 m	L Saluran
0,17 km2	Catchment Area
0,80	C rata-rata
1,2 x 1,2	Dimensi Saluran
0,005	I saluran
+4,65	Elevasi muka air
+3,6	Elevasi Dasar Sal
1,5 m/dt	V saluran

S6 (21 - 18)	
240 m	L Saluran
0,060 km2	Catchment Area
0,71	C rata-rata
0,6 x 1,2	Dimensi Saluran
0,01	I saluran
+4,65	Elevasi muka air
+3,90	Elevasi Dasar Sal
3,23 m/dt	V saluran

P4 (18 - 27)	
160 m	L Saluran
0,22 km2	Catchment Area
0,80	C rata-rata
0,8 x 1,5	Dimensi Saluran
0,01	I saluran
+3,85	Elevasi muka air
+2,85	Elevasi Dasar Sal
3,7 m/dt	V saluran

Elevasi muka air hilir  
Elevasi Dasar Sal hilir

Boezem



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

NAMA GAMBAR  
  
SKEMA SALURAN  
DRAINASE

NAMA MAHASISWA  
  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

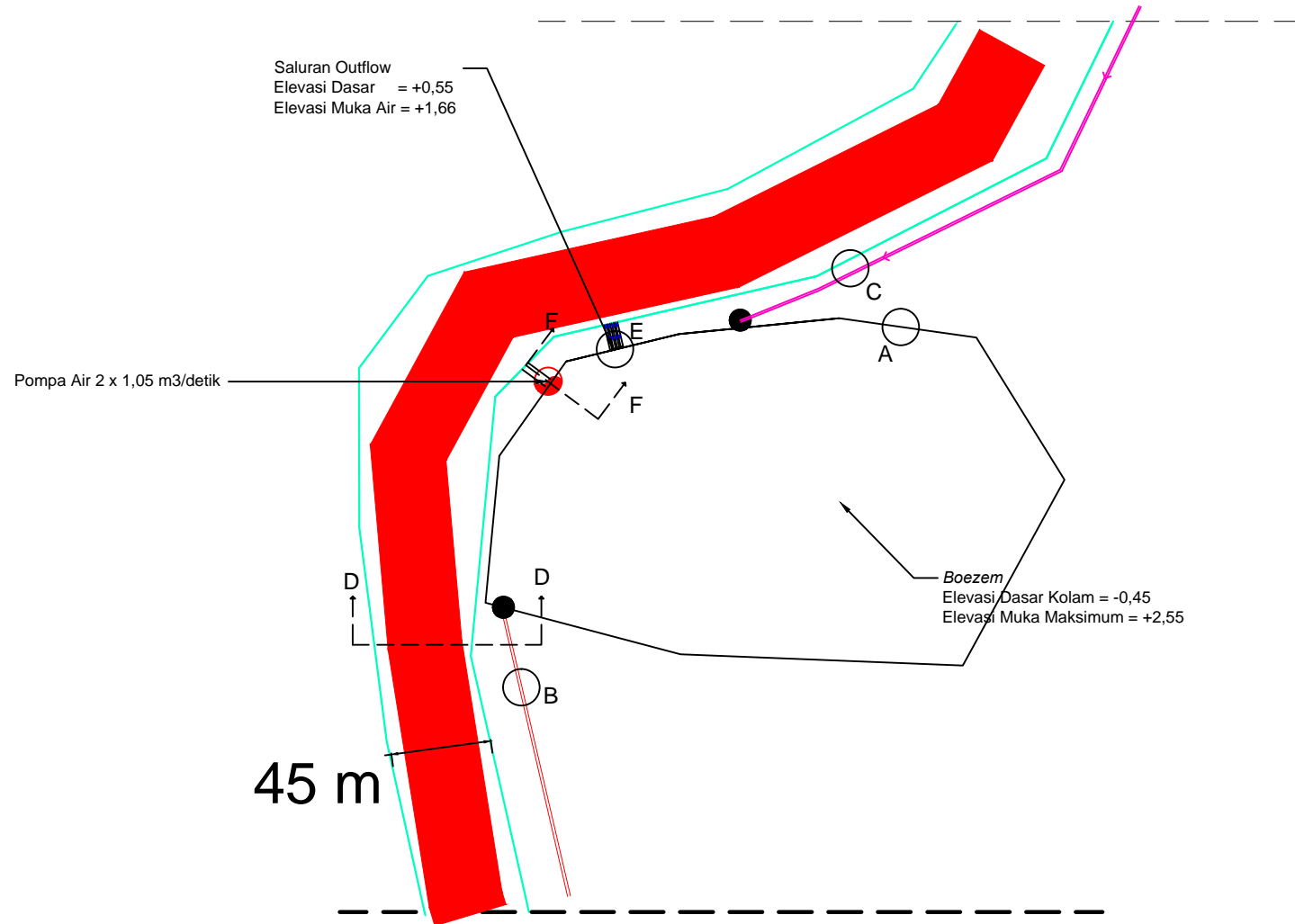
SKALA GAMBAR

NO.

3

JUMLAH

12



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

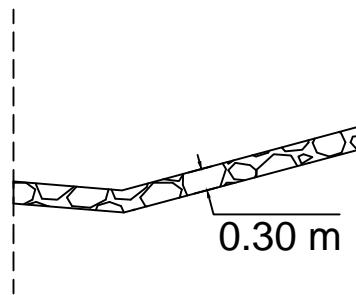
NAMA GAMBAR  
DENAH BOEZEM

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

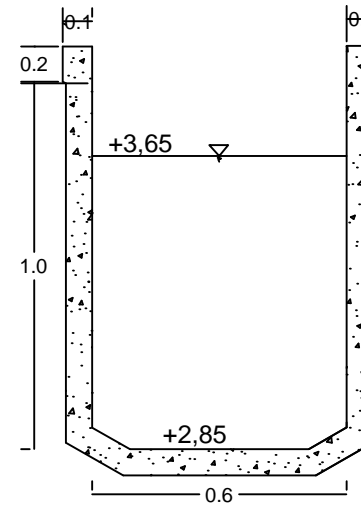
SKALA GAMBAR  
1 : 3000

NO.  
4

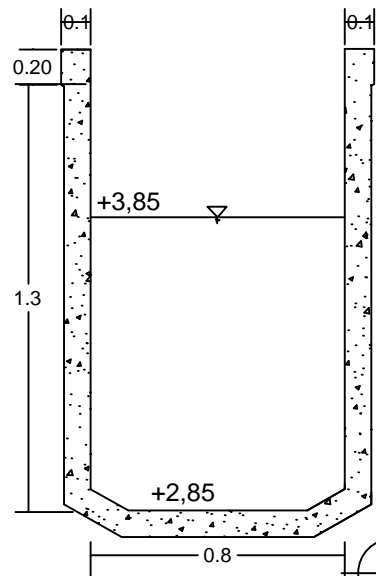
JUMLAH  
12



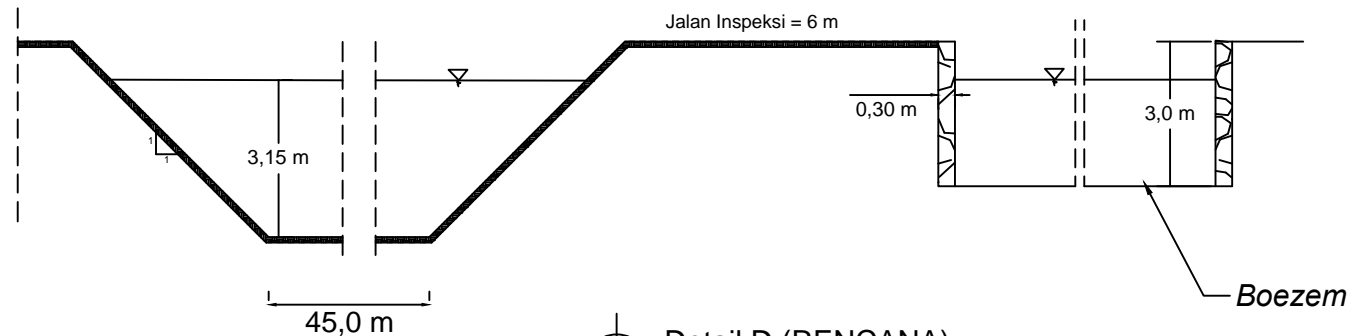
Tebal Tanggul *Boezem* (A)  
SKALA 1:100



Saluran Inflow 25-26 (C)  
SKALA 1:25



Saluran Inflow 18-27 (B)  
SKALA 1:25



Detail D (RENCANA)  
SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

NAMA GAMBAR  
DETAIL BOEZEM

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR

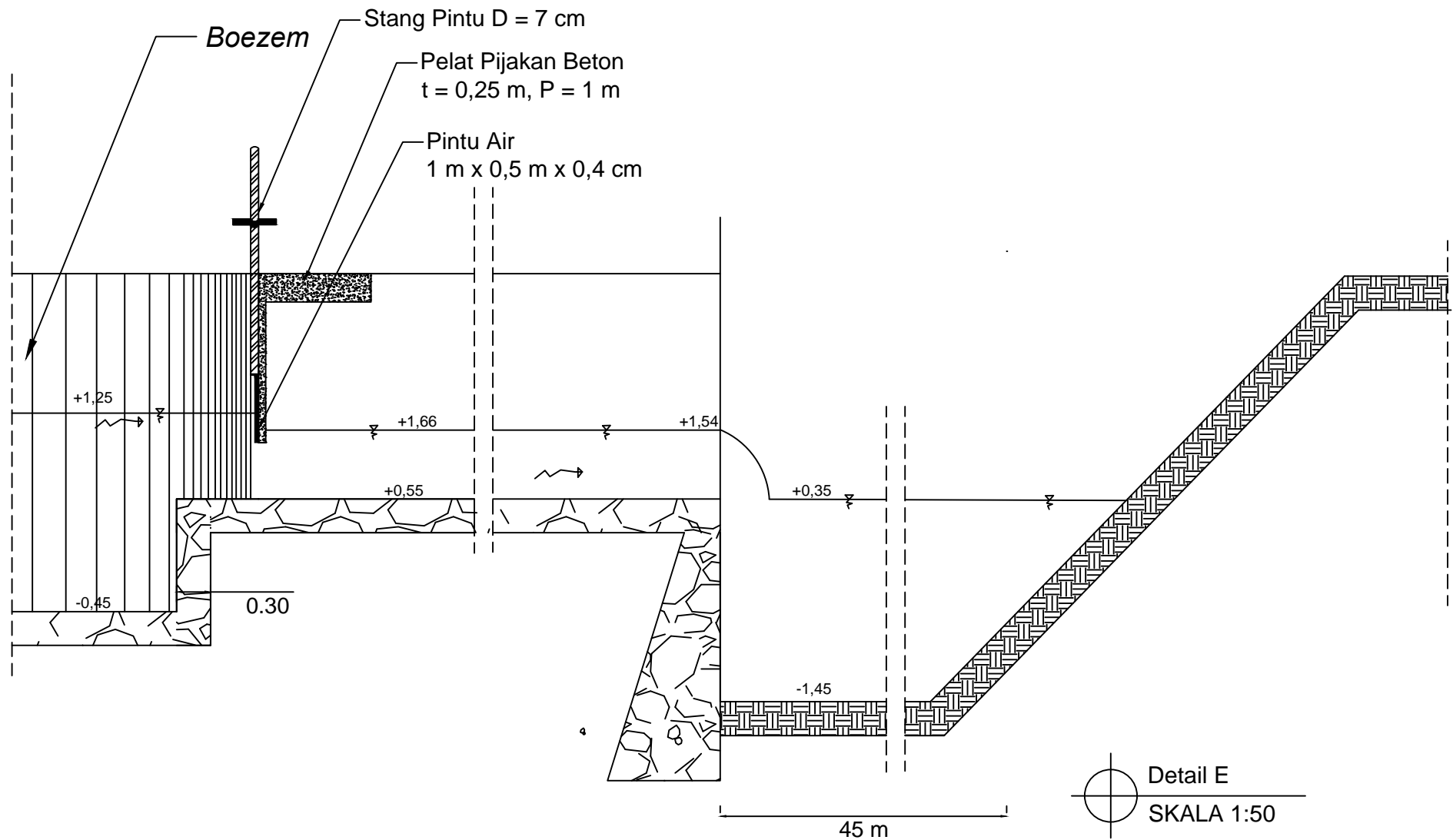
NO.

5

JUMLAH

12





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

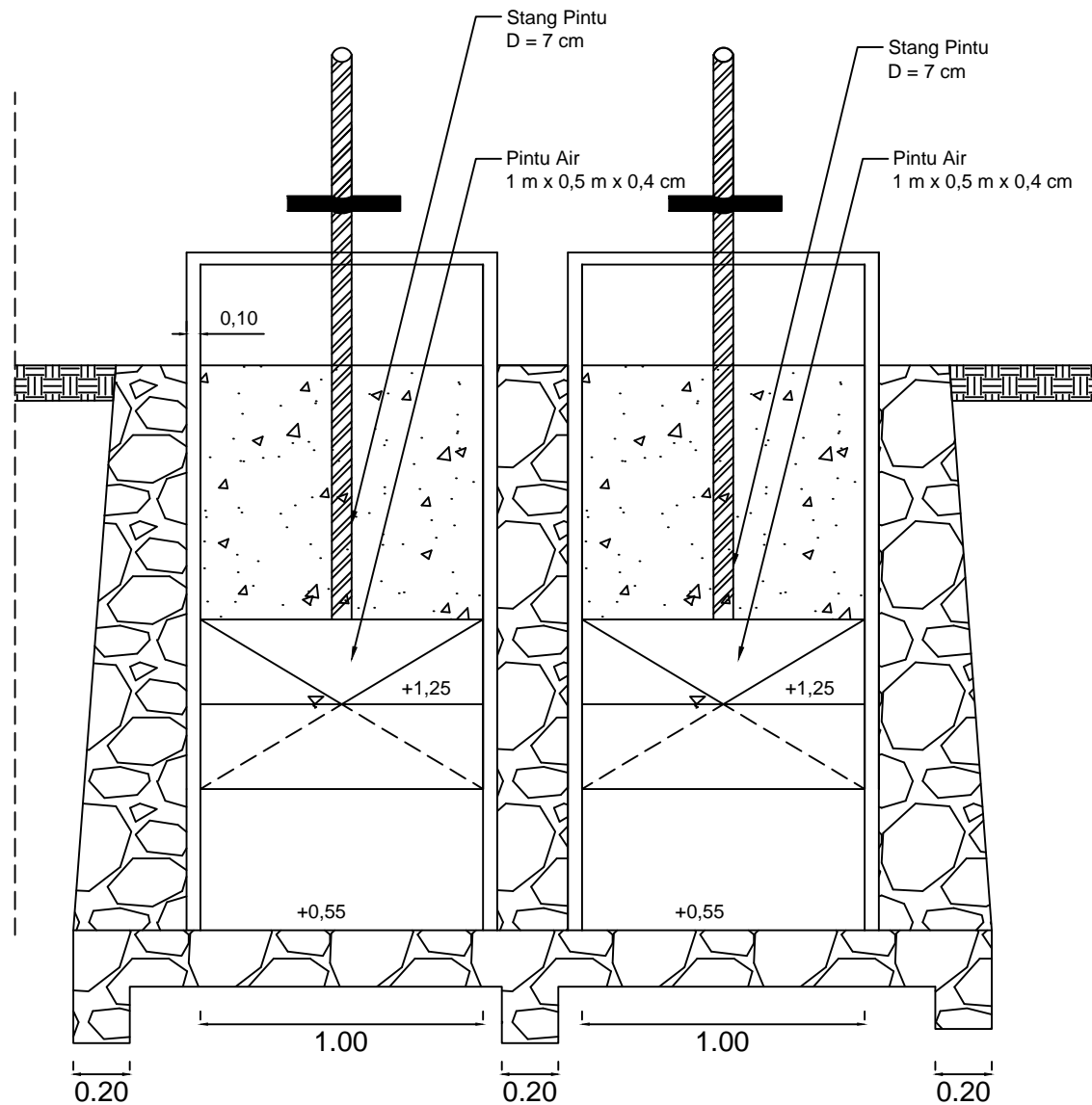
NAMA GAMBAR  
DETAIL E

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR  
1 : 50

NO.  
6

JUMLAH  
12



Detail Pintu  
SKALA 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

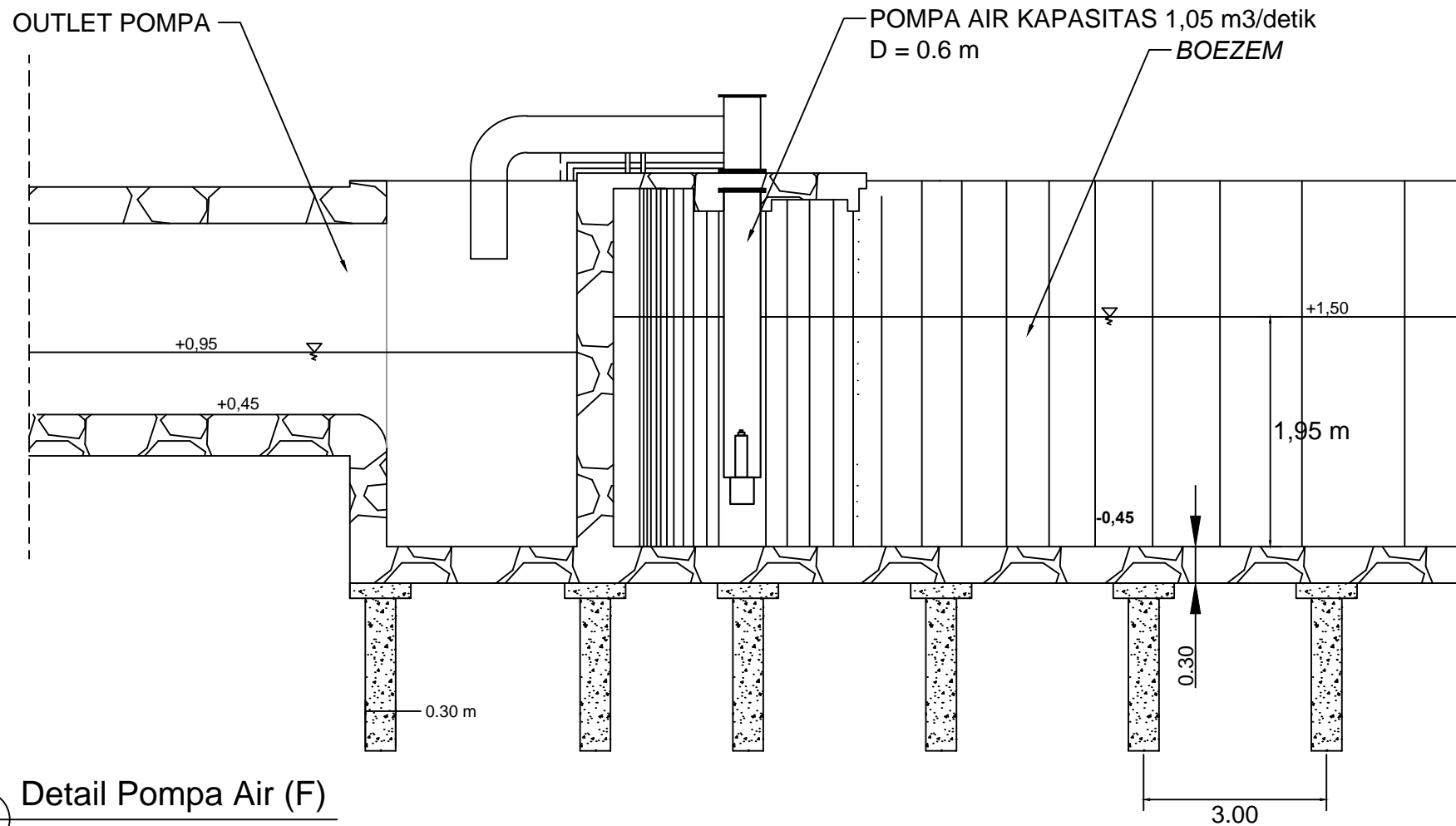
NAMA GAMBAR  
DETAIL PINTU  
OUTFLOW

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR  
1 : 25

NO.  
7

JUMLAH  
12



Detail Pompa Air (F)  
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

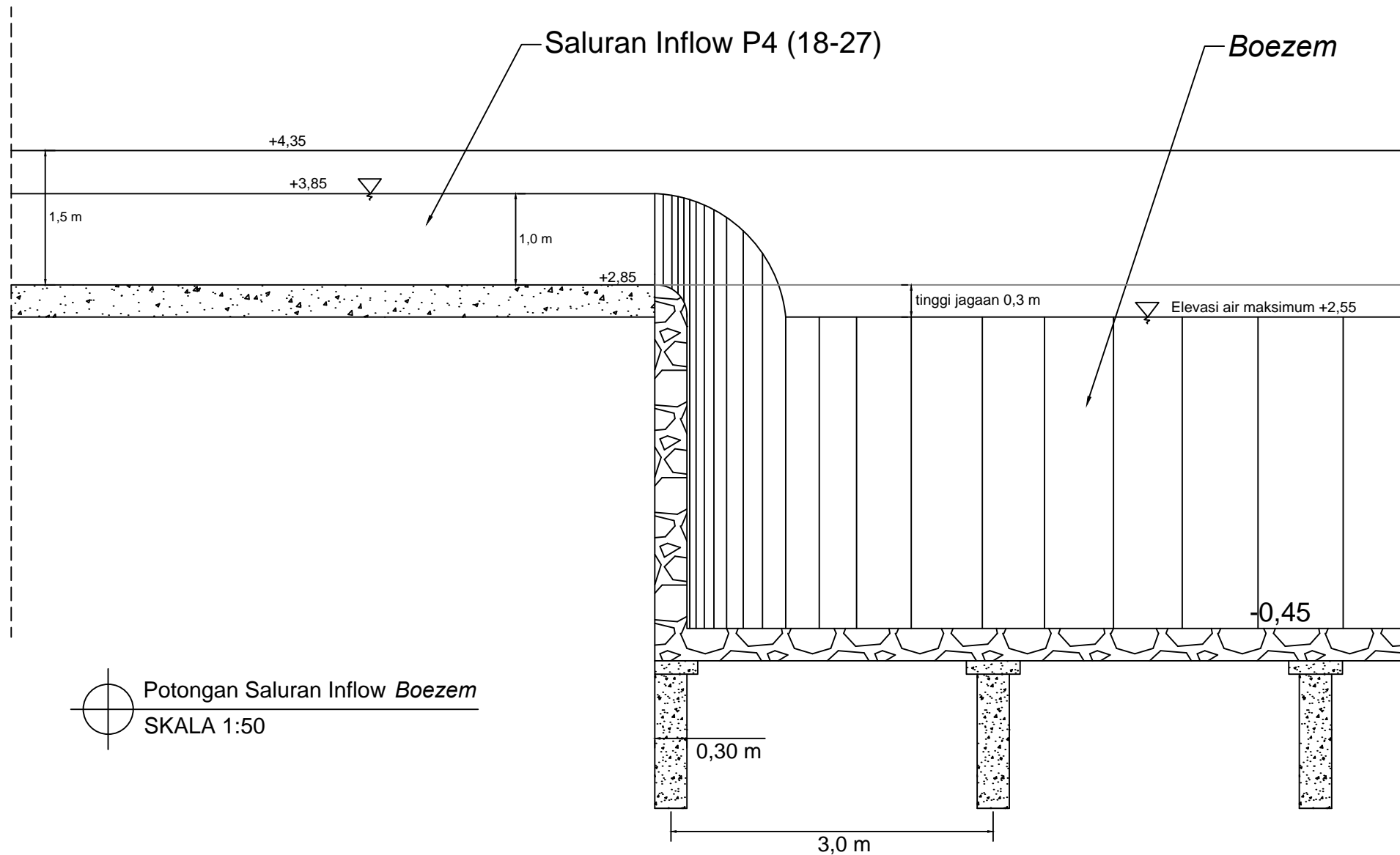
NAMA GAMBAR  
DETAIL POMPA  
AIR (F)

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR  
1 : 50

NO.  
8

JUMLAH  
12



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

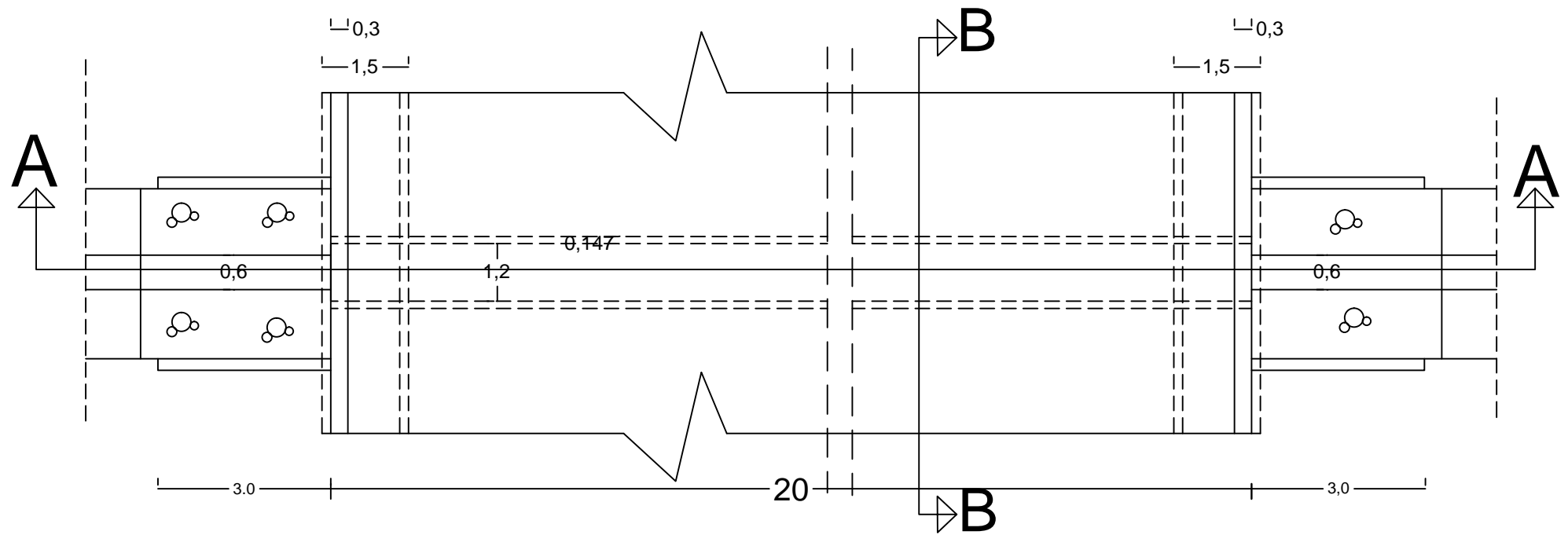
NAMA GAMBAR  
POTONGAN  
SALURAN INFLOW  
BOEZEM

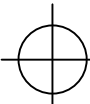
NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR  
1 : 50

NO.  
9

JUMLAH  
12




**Denah Gorong-gorong P3**  
**SKALA 1:100**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BOEZEM  
 DAN POMPA DI MUARA  
 KALI KANDANGAN  
 SURABAYA BARAT

NAMA GAMBAR

DENAH  
 GORONG-GORONG  
 P3

NAMA MAHASISWA

HANDI  
 FIRMANSYAH  
 RAHMANANTA  
 3113100053

SKALA GAMBAR

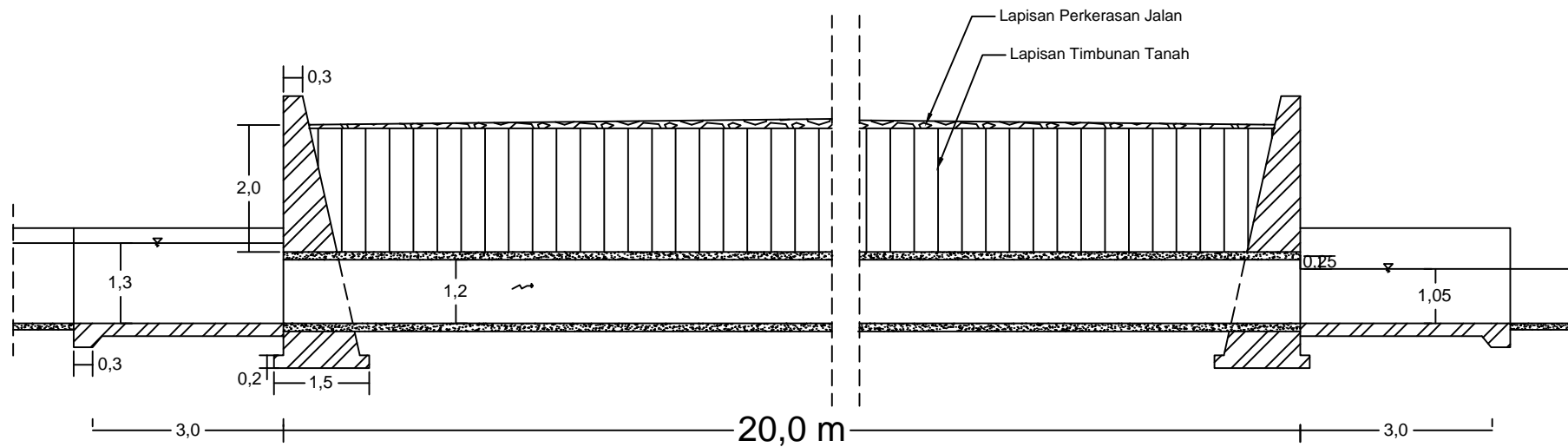
1 : 100

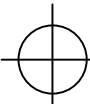
NO.

10

JUMLAH

12




**Potongan A-A**  
**SKALA 1:100**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
 PERENCANAAN BOEZEM  
 DAN POMPA DI MUARA  
 KALI KANDANGAN  
 SURABAYA BARAT

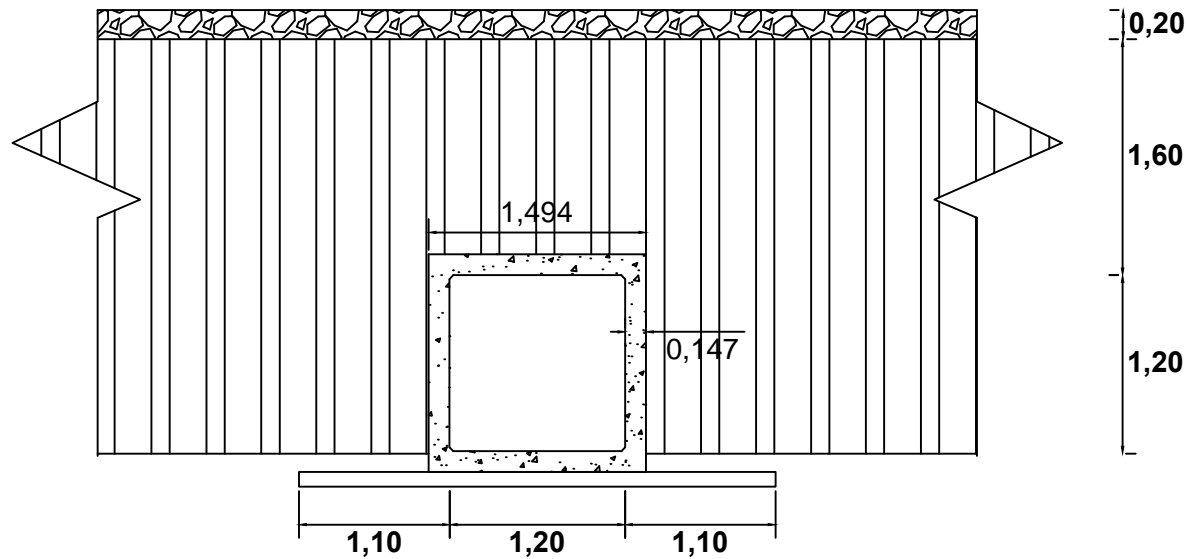
NAMA GAMBAR  
 POTONGAN  
 A-A


NAMA MAHASISWA  
 HANDI  
 FIRMANSYAH  
 RAHMANANTA  
 3113100053

SKALA GAMBAR  
 1 : 100

NO.  
 11

JUMLAH  
 12




**Potongan B-B**  
**SKALA 1:50**



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
ITS

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN BOEZEM  
DAN POMPA DI MUARA  
KALI KANDANGAN  
SURABAYA BARAT

NAMA GAMBAR  
POTONGAN B-B

NAMA MAHASISWA  
HANDI  
FIRMANSYAH  
RAHMANANTA  
3113100053

SKALA GAMBAR  
1 : 50

NO.  
12

JUMLAH  
12

## BIODATA PENULIS



Handi Firmansyah Rahmananta  
Penulis dilahirkan di Sidoarjo, tanggal 8 April 1995, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal, yaitu TK Mawar PGRI Jombang, SMP Negeri 2 Jombang, dan SMA Negeri 2 Jombang. Setelah lulus SMA Negeri 2 Jombang pada tahun 2013, penulis mengikuti SNMPTN (salah satu jalur masuk Program S1 ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, terdaftar dengan NRP 31 13 100 053.

Di jurusan Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan di berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi himpunan mahasiswa jurusan dan Unit Kegiatan Mahasiswa. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Departemen Dalam Negeri (DAGRI LE-HMS) periode 2014-2015 dan Staff Team Event Creator (TEC) UKM Badminton ITS pada periode yang sama. Kemudian menjabat sebagai Kepala Departemen Big Event UKM Badminton ITS periode 2015-2016.

e-mail : rahmanantahandi@gmail.com





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: D. Techn. Umboro Lasniinto, ST, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Handi Firmansyah Rahmianto
NRP	: 3113100053
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Boezem dan Pompa Air pada Muara Kali Kandangan Surabaya Barat
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 011616 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00/2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9/3 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisa Curah hujan rata-rata menggunakan Metode aritmatik dan Poligon Thiessen.</li> <li>Analisa curah hujan menggunakan metode Gumbel, Log Pearson III</li> <li>Uji kecocokan distribusi menggunakan Uji chi Square dan Uji Smirnov-Kolmogorov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membuat sub das untuk boezem kali Kandangan</li> <li>Menghitung curah hujan efektif</li> </ul>	
2	29/3 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membuat gambar subdas untuk boezem kali Kandangan</li> <li>Menghitung curah hujan efektif</li> <li>Menghitung debit banjir rencana</li> <li>Membuat hidrograf debit banjir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perin subdas</li> <li>Peta situasi kali Kandangan</li> <li>revisi C rencana (dari tata guna lahan rencana)</li> <li>Desain sendiri saluran untuk inflow ke boezem</li> <li>tidak perlu menghitung aliran balik (backwater)</li> <li>harus detail saluran dimana untuk inflow boezem</li> <li>POH yang dipakai 10 tahun</li> <li>Perbesar sub DAS</li> <li>pompa tidak diwajibkan semua</li> <li>Maka air boezem berapa</li> <li>routing dulu baru pompa</li> </ul>	
3	12/4 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisi Subdas Kali Kandangan</li> <li>Merekanakan saluran inflow ke boezem</li> <li>Menghitung dimensi boezem dan kebutuhan pompa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>POH yang dipakai 10 tahun</li> <li>Perbesar sub DAS</li> <li>pompa tidak diwajibkan semua</li> <li>Maka air boezem berapa</li> <li>routing dulu baru pompa</li> </ul>	



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: D. Techn. Umboro Lasmino, ST., M.Sc
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: Handi Firmansyah Rahmananti
<b>NRP</b>	: 3113100053
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: Perencanaan Boezem dan Pompa pada Muara Kali Kandangan Surabaya Barat
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	: 24 Januari 2017
<b>NO. SP-MMTA</b>	: 011616 / IT 2 .VI.4-1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN <i>Nanga Halayasan</i>		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
4	19/04 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gambar sub DAS + rencana saluran boezem inflow</li> <li>Flood routing</li> <li>Dimensi boezem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bagian kosong ke arah saluran ke boezem</li> <li>bentuk boezem revisi mengikuti bentuk sungai</li> </ul>	
5	5/05 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Layout saluran + Bentuk boezem</li> <li>Flood routing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>layout penempatan boezem</li> <li>penempatan saluran</li> <li>hitung juga R2, R5</li> </ul>	
6	12/05 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisi layout penempatan boezem dan saluran</li> <li>Flood routing dgn R10, R5, R2</li> <li>Perencanaan pintu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>t = 3m</li> <li>Pintu boleh lebih dari 1 yang penting Bff.</li> <li>gambar layout</li> <li>potongan boezem</li> <li>pintu, rumah pompa</li> <li>langsung dibuat laporan.</li> </ul>	
7	19/05 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Routing menggunakan pintu</li> <li>kontrol dimensi pintu, pelat dan stang</li> <li>Laporan dan makalah TA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tanggul pakai</li> <li>elevasi hilir lebih tinggi seberapa?</li> <li>saluran tebal berapa?</li> <li>grafik tidak terbaca</li> <li>tabel tab 2 terpotong</li> <li>data penentuan uduran boezem</li> <li>lampiran mu tuga</li> </ul>	